DER BEWEGUNGSBEGRIFF

WÄHREND DER

REFORMATION DER HIMMELSKUNDE

VON COPERNICUS BIS ZU NEWTON

(1543—1687)

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG

EINGEREICHT

VON

LUDWIG LANGE

AUS GIESSEN.

LEIPZIG

WILHELM ENGELMANN

1886.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545809_0085

DER BEWEGUNGSBEGRIFF

WÄHREND DER

REFORMATION DER HIMMELSKUNDE

VON COPERNICUS BIS ZU NEWTON

(1543—1687).

(Separatabdruck aus Wundts »Philosophischen Studien« Bd. III. 3.)

Jener offene Widerstreit gegen die Aristotelische Welterklärung, durch welchen der Eingang der neueren Naturwissenschaft gekennzeichnet wird, geht, wie bekannt, durchgehends von echt Aristotelischen Principien aus. Man erkannte aufrichtig die inneren Widersprüche der überkommenen Lehre an, statt sich, wie die Scholastiker, nach Kräften darüber hinwegzutäuschen, man ließ aber darum keineswegs die ganze Lehre auf einmal, sondern nur diejenigen ihrer Sätze fallen, welche man am leichtesten ausscheiden konnte; und so entstand ganz allmählich und nicht unvermittelt ein neues Fundament der Naturforschung.[1]) Dem entsprechend werden wir insbesondere sehen, wie die großen Reformatoren der Himmelskunde, Copernicus, Kepler und Galilei, nach der positiven Seite ihrer Kritik hin durch specifisch Aristotelische Grundgedanken oder zum mindesten durch solche Grundgedanken geleitet werden, die dem

1) Z. B. ist die Entdeckung des Trägheitsgesetzes und damit die neue von der alten so verschiedene Auffassung der Causalität wesentlich durch den Kampf der Weltanschauungen gereift, welcher selbst nur einem inneren Widerstreit Aristotelischer Lehren entsprang.

Aristotelischen Lehrbegriffe nicht fremd, vielmehr ihm entwachsen sind.

Wirksamer als alle anderen Grundgedanken dieser Art ist in den Kampf gegen die Ptolemäische Weltordnung die Aristotelische Ansicht von der Zweckthätigkeit der Natur eingetreten. Wenn es freilich von Aristoteles unumschränkt gilt, dass bei ihm »über der materiellen Nothwendigkeit die Zweckthätigkeit der Dinge«[1] steht, so lässt sich dieser Ausspruch auf die hier betrachtete Periode nicht ohne besondere Auslegung anwenden. Gilt es doch mit Recht als wesentliches Kennzeichen der von Galilei eingeleiteten Zeit, dass nachdrücklich auf causale Erklärung der Erscheinungen aus wenigen obersten Principien gedrungen wird. Was aber gleichwohl dieser ganzen Geistesströmung ein durchaus teleologisches Gepräge verleiht, ist die Thatsache, dass jene obersten Principien selbst vorwiegend teleologisch gegründet sind.

Besonders ist es ein teleologischer Grundsatz, welcher, entsprossen dem peripatetischen *οὐθὲν ποιεῖ περίεργον οὐδὲ μάτην ἡ φύσις*, von der allergrößten Bedeutung für die damalige Entwickelung der Naturwissenschaft überhaupt und des Bewegungsbegriffes im besonderen gewesen ist. Ich meine das metaphysische Princip der Simplicität, wonach die Natur sich allenthalben der einfachsten Mittel bedient, um ihren Zweck zu erreichen. In früheren Zeiten bildete in der That dieses Princip eine der obersten Voraussetzungen aller Naturwissenschaft. Wir werden denn auch vielfach Gelegenheit haben, seinen Einfluss zu beobachten; wir werden sehen, wie es bereits eine schneidige Waffe in der Hand des Copernicus ist, und wie es dann von Galilei schon weit klarer in seiner ganzen Bedeutung gewürdigt und auf die dynamischen Grundprobleme angewandt wird. Unter den Voraussetzungen der Naturwissenschaft ist es gegenwärtig nicht mehr zu treffen, was aber keineswegs hindert, dass es hier und da noch immer unerkannter Weise Anwendung findet. Man kann indessen mit Recht verlangen, dass in den Ausführungen eben so gut wie in den Voraussetzungen der Wissenschaft an seiner Stelle das lediglich methodologische Princip der Simplicität eintritt, welches nicht die Behauptung einschließt, dass die Natur überall möglichst

1) Zeller, a. a. O. Bd. III², S. 321.

einfach verfahre, sondern nur vorschlägt, dass wir zum Nutzen der Erkenntniss die Natur unter möglichst vereinfachten Bedingungen betrachten sollen. Gerade die Gegenwart scheint berufen zu sein, mit besonderer Rücksicht auf den Bewegungsbegriff diesen schon längst eingeleiteten Umwandlungsprocess zu Ende zu führen.

Soviel zur allgemeinen Beleuchtung der Entwickelung, die wir nun im einzelnen zu betrachten haben.

§ 1. Copernicus.

Copernicus ist an der Umbildung des Bewegungsbegriffes nicht so sehr unmittelbar als vielmehr mittelbar betheiligt gewesen. Wenigstens weicht er in der principiellen Auffassung des »Ortes« und der »Bewegung« von vorangegangenen Zeiten nur wenig ab. Zwar fordert er nicht mehr mit Aristoteles, dass der ortgebende Körper den an den Ort gestellten unmittelbar von außen berührt, aber doch, dass er der umfassendere ist; und gerade darauf beruht einer seiner Haupteinwände gegen das Ptolemäische System.

Bereits die Scholastiker waren auf den Widerspruch aufmerksam geworden, dass das Himmelsgebäude keinen Ort haben sollte (indem es von Nichts umfasst wird) und dennoch seinen Ort verändern, sich bewegen. Sie glaubten das Paradoxon durch allerhand Begriffskünsteleien lösen zu können; aber Copernicus durchschaute die Nichtigkeit aller solcher Versuche und ward sich klar, dass man von den Aristotelischen Lehren mindestens eine fallen lassen müsste, entweder die Definition des Ortes oder das Dogma von der Bewegung des Himmels. Er zog den zweiten Schritt vor, auf welchen er sich auch von Seiten des Simplicätsprincipes hingelenkt fühlte. Zum Belege hierfür lassen sich mehrere Stellen des ersten Buches »De revolutionibus« anführen. Zweimal kommt er auf jenes Paradoxon ausdrücklich zu sprechen, gleich als wenn er die Ueberzeugung von der Bewegung der Erde dadurch noch vollständig machen wollte. »Und da der Himmel es ist, welcher Alles enthält und birgt, der gemeinsame Ort aller Dinge, so ist nicht sogleich klar, warum nicht lieber dem Umfassten als dem Umfassenden, lieber dem an einen Ort Gestellten als dem Ortgebenden die Bewegung beigelegt werden soll« (Cap. V.

pag. 20).[1] »Ich füge noch hinzu, dass es recht widersinnig erscheinen würde, dem Umfassenden oder Ortgebenden die Bewegung zuzuschreiben und nicht vielmehr dem, was umfasst und an einem Orte befindlich ist, nämlich der Erde« (Cap. VIII. p. 30). Dem entsprechend heißt es auch in der kurzen Exposition der neuen Anordnung (Cap. X): »Die erste und oberste von allen Sphären ist diejenige der Fixsterne, welche sich selbst und Alles einschließt; darum ist sie auch unbeweglich, versteht sich als Ort des Alls, worauf Bewegung und Stellung aller übrigen Gestirne bezogen werden soll« (p. 37). Für den teleologischen Grundzug des Copernicanischen Geistes spricht andererseits die folgende Stelle aufs unverkennbarste: »Man muss aber mehr der Weisheit der Natur folgen, welche nicht allein sich aufs äußerste gehütet hat, Ueberflüssiges oder Unnützes hervorzubringen, sondern im Gegentheil eine Sache oftmals mit zahlreichen Wirkungen ausgestattet hat« (Cap. X. p. 36 sq.). Hierin liegt der Keim jener Argumente, welche aus der größeren Einfachheit des neuen Systems auf seine größere Wahrscheinlichkeit schließen und bis auf die Gegenwart in populären Darstellungen der Astronomie immer wieder geltend gemacht werden. Zur Zeit des Copernicus und seiner Nachfolger Kepler und Galilei hatte eine solche Argumentation noch Sinn; denn man erkannte das Princip der Simplicität noch als eine metaphysische Wahrheit an; während dasselbe in der heutigen Wissenschaft nur noch die Bedeutung einer methodologischen Convention besitzt. Niemand, welcher sich nicht über den Begriff der Bewegung überhaupt hinwegsetzt, wird gegenwärtig jenem Schlusse des Copernicus sich anschließen. Die Sache liegt für uns eben ganz anders als für Copernicus und seine unmittelbaren Nachfolger, die mit einem bereits teleologisch gefärbten Bewegungsbegriffe operiren, ohne sich freilich selbst davon Rechenschaft zu geben. Man warf in jenen Zeiten empirische, logische, teleologische, ästhetische[2] Momente untereinander, um zur Wahrheit zu gelangen. Sehr charakteristisch für den uns ganz fremden Ontologismus ist es z. B. auch, wenn Copernicus für die Kreisbewegung der Erde den Grund anführt,

1) Die Seitenzahlen beziehen sich auf die Warschauer Ausgabe. »caelat« ist wohl hier nur Druckfehler für »celat«.

2) Vgl. z. B. De revolutionibus Cap. VIII. p. 30, X. p. 38.

»die Beweglichkeit der Kugel sei, sich im Kreise zu drehen, weil sie so durch ihre Thätigkeit selbst ihre Form zum Ausdrucke bringe« (Cap. IV. p. 18, cf. Cap. V. VIII). Solche Sonderbarkeiten waren nur so lange möglich, als man auf ausdrückliche Definitionen und strenge Anwendungen der Begriffe noch nicht bedacht war. Eben deshalb lässt sich ein scharf umrissener Bewegungsbegriff weder bei Copernicus noch bei seinen nächsten Anhängern feststellen; und es kann sich hier nur erst darum handeln, die Elemente hervorzuheben, aus denen sich später ein Ganzes zusammensetzt, das einer einigermaßen consequenten Anwendung fähig ist.

Eine Erörterung darüber, wodurch sich die wahren Bewegungen von den scheinbaren unterscheiden, treffen wir bei Copernicus überhaupt nicht an. Nur dass sie sich unterscheiden und nicht verwechselt werden dürfen, wird uns gesagt: »Denn jede Ortsveränderung, welche wahrgenommen wird, findet statt entweder wegen der Bewegung des betrachteten Dinges oder wegen der Bewegung des Zuschauers oder doch wegen einer ungleichen Ortsveränderung beider. Denn zwischen Dingen, welche in der gleichen Weise zu demselben (Bezugsobjecte) bewegt sind, ist die Bewegung unwahrnehmbar, nämlich zwischen der betrachteten Sache und demjenigen, welcher sie betrachtet« (Cap. V. p. 20). Man könnte fast glauben, dass bereits hier unter der Bewegung etwas wesentlich Transcendentes verstanden sei, wenn nur der Zusatz »zu demselben« nicht wäre. Wahrscheinlich hat Copernicus selber bei dieser principiellen Erörterung den mit unklarer Relation behafteten geocentrischen Bewegungsbegriff vor Augen gehabt, auf welchen im gewöhnlichen Leben alle »wirklichen« Bewegungen berechnet sind. Diese Inconsequenz darf ihm nicht allzu hoch angerechnet werden. Ist es doch streng genommen nicht minder incorrect, wenn wir zur Erläuterung des Foucault'schen Pendelversuchs das bekannte Experiment mit der Centrifugalmaschine anstellen, durch welches gezeigt werden soll, dass das Pendel unabhängig vom Aufhängungspunkte in einer unveränderlichen Ebene hin- und herschwingt; denn hierbei ist doch gerade die Erde Bezugsobject, welche es eben des Pendelversuches wegen nicht sein soll. Die ganze Uebertragung vom irdischen Experimente auf den kosmischen Fall hat hier doch für eine aufgeklärte Betrachtung nur soweit Sinn, als man bereits über die Bewegung der Erde Etwas weiß: nämlich, dass sie im Ver-

gleiche zur Drehung der Centrifugalmaschine unendlich langsam ist. Dass der hierin liegende Cirkel übersehen zu werden pflegt, liegt an der Unklarheit des praktischen Begriffes »Bewegung«. Die Berechtigung des Foucault'schen Versuches lässt sich nicht aus jenem Analogieversuche, sondern nur aus der dynamischen Ableitung der Pendelgesetze erkennen.

Wie wenig klar und consequent noch Copernicus in seinem Bewegungsbegriffe war, lässt sich auch aus seiner Lehre von der »dritten« Bewegung der Erde schließen. Copernicus meint zur Erklärung des täglichen und jährlichen Umlaufes der Sonne nicht, wie die späteren Astronomen seit Kepler, mit zwei Bewegungen der Erde, nämlich ihrer Rotation und Revolution auszukommen, er hält vielmehr noch eine dritte Bewegung für nothwendig. Dieselbe soll dazu dienen, die Erdachse, als wenn sie sonst der Sonne immer einen und denselben Pol zuwenden würde, beständig sich selbst parallel zu erhalten (Cap. XI. p. 40). Man sieht, dass hier Copernicus seinem eigenen heliocentrischen Systeme, worin Sonne und Fixsterne als feste Punkte gelten, und worin die Erde einen jährlichen Umkreis macht, nicht treu bleibt. Denn in Bezug auf dieses System hat die Erdachse keine veränderliche Richtung. Diese Inconsequenz wäre minder tadelnswerth, wenn sie bewusster Weise untergelaufen wäre, was nun freilich nicht der Fall ist. Noch zu Newtons Zeit war ein gelehrter Streit darüber möglich, ob der Mond eine Achsendrehung besitze oder nicht. Beide Ansichten waren, bei Lichte betrachtet, nicht unrichtig.[1] Newton nahm, entsprechend seinen später zu behandelnden Grundansichten, eine Achsendrehung des Mondes an und bewährte so die Treue gegen jenes Coordinatensystem, worauf sich der monatliche Umlauf des Mondes bezieht. Die Anschauung seiner Gegner war untreu, aber nicht unwahr. Das Motiv der Inconsequenz war bei ihnen eine allzu große Vorliebe für die Erde, wie bei Copernicus eine allzu große Vorliebe für die Sonne.

Eine Idee von einem »absoluten Raume« hat Copernicus noch eben so wenig gehabt, wie irgend einen der sogenannten dynamischen Gründe für seine Lehre. Die Fixsternsphäre war für ihn, der von Aenderung der Fixsterndistanzen noch Nichts wissen konnte, als all-

1) Vgl. Kant, Kr. d. r. V. herausg. v. Kirchmann, Berlin 1868, S. 387.

umfassendes Object nothwendig auch Bezugsobject, um so mehr als sich durch diese Relation Alles am einfachsten, d. h. »naturgemäßesten« darstellte. Bei consequenterer Anwendung seiner Principien hätte er sich vielleicht überzeugt, dass es nicht allein falsch sei, der Fixsternsphäre eine Bewegung zuzuschreiben, sondern auch, ihr die Ruhe zuzuschreiben. Denn Ruhe ist die andauernde Gegenwart am selben Orte; was also keinen Ort hat, wie nach Copernicus selber die Fixsternsphäre, das kann eben so wenig ruhen als bewegt sein. Dies blieb ihm aber wiederum verborgen, weil er das von geocentrischen Erfahrungen entlehnte Vorurtheil hatte, jedes Ding müsse an sich entweder bewegt sein oder ruhen, ohne, wie wir dies thun, zu fragen, in Bezug worauf.

Für das Verständniss der nachcopernicanischen Entwickelung des Bewegungsbegriffes ist es wichtig zu bemerken, dass Copernicus in der Anwendung des Simplicitätsprincipes auf das Problem der Weltordnung selber noch nicht die erreichbare Simplicität angewendet hat. Seine Nachfolger seit Galilei verlegten den Punkt, wo das Simplicitätsprincip gewissermaßen seine Kraft ausüben sollte, weiter zurück in die letzten Grundsätze der neu entstandenen Dynamik, indem sie der Anschauung folgten, dass eben diese Grundsätze die denkbar größte Einfachheit bekunden müssten. Nachdem sie in diesem Sinne das Trägheitsgesetz aufgestellt hatten, konnten sie dann, vorausgesetzt die Richtigkeit der gemachten Grundannahme, mit logischer Strenge die Wahrheit, und zwar die ausschließliche Wahrheit des Copernicanischen Systemes beweisen. Allein diesen großen und schwierigen Schritt zu thun, war man naturgemäß auch erst befähigt, nachdem man den Nutzen des Simplicitätsprincipes bereits an dem evidenten Beispiele des Copernicus selber schätzen gelernt hatte. Dem entspricht es auch vollständig, dass sich die Erkenntniss des Beharrungsgesetzes wesentlich aus dem Kampfe der Weltsysteme heraus entwickelt hat.[1])

Es bleibt mir nun noch übrig, mit einigen Worten auf den Inhalt der ersten unechten Vorrede der »Libri de revolutionibus« einzugehen. Diese Vorrede rührt von dem Nürnberger Gelehrten

1) Vgl. Dr. E. Wohlwill, Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes, Zeitschrift für Völkerpsychologie Bd. XIV. XV.

Osiander, dem einen Herausgeber des Werkes her und enthält den oftmals (und nicht selten fälschlich unter Berufung auf den Verfasser des Werkes) citirten Satz, es sei gar nicht nothwendig, dass die Voraussetzungen des Copernicus wahr, oder auch nur wahrscheinlich seien; es genüge vielmehr das Eine, wenn sie eine Uebereinstimmung zwischen Berechnung und Beobachtung gewähren (pag. 1). Schwerlich wird hinter diesem Ausspruche mehr zu suchen sein als das ängstliche Bestreben, mit der herrschenden Meinung möglichst wenig in offenen Widerspruch zu treten. Dass Osiander sonst über die Relativität der Bewegung wesentlich radicalere Ansichten gehabt habe als seine Zeitgenossen, ist unwahrscheinlich. Er zeigt sich in der ganzen Vorrede lediglich als Skeptiker gegenüber allen Versuchen des Menschengeistes, sich durch Constructionen von den Erscheinungen Rechenschaft zu geben, keineswegs aber als ein Mann, der verschiedene gleich mögliche Conventionen als solche auch für gleich richtig hielte und etwa darum auf Anerkennung der Wahrheit, d. h. der ausschließlichen Wahrheit des neuen Systems Verzicht leistete.

Nach dem Vorhergegangenen dürfte es klar geworden sein, dass sich der allgemeine Bewegungsbegiff des Copernicus kaum in eine auch nur einigermaßen congruente Definition fassen lässt. Immerhin lässt sich soviel erkennen, dass er sich an vorangegangene Entwickelungsstufen naturgemäß anschließt, und dass zu dem Neuen, was er enthält, hauptsächlich die eigenthümliche teleologische Färbung zu zählen ist. Erst bei Galilei und Newton trat aber diese Färbung in den Vordergrund, freilich auch nur, um alsbald wieder zu verblassen.

§ 2. Der Copernicanismus vor Galilei und die Gegner des Copernicus.

So sehr in der Zeit vor Galileis Auftreten die Anhänger des Copernicus bemüht waren, die Beweise für das neue System und die Widerlegungen der gegnerischen Einwände zu vermehren, so haben sie doch dabei den Bewegungsbegriff kaum gefördert. Viele der wirklich neuen Gründe, welche sie beibrachten,[1]) sind geradezu von der

1) Vgl. z. B. Möstlins Grund: wenn der Himmel bewegt wäre, so würde er die kleine Erde nothwendig mit sich herum reißen.

Beschaffenheit, dass man sich über die Frage nach dem Begriff der Bewegung ganz hinwegsetzen muss, um sie anerkennen zu können. Ja vielfach liegen ihnen, ohne dass man sich davon Rechenschaft gäbe, Erfahrungen über den geocentrischen Bewegungsbegriff zu Grunde, den man doch gerade bekämpft. Solche Beweise, welche eine klarere und einheitliche Einsicht in das Problem des Bewegungsbegriffes verrathen, finden sich erst bei Galilei, wenngleich auch hier nur andeutungsweise.

Bei den Gegnern des Copernicus kann, auch nach Galilei, von einer Entwickelung des Bewegungsbegriffes vollends kaum die Rede sein. Im allgemeinen lässt sich nur die wichtige Bemerkung machen, dass auch hier in den Begründungsversuchen und Widerlegungsversuchen der unerkannte geocentrische Bewegungsbegriff eine große Rolle spielt, dass also Cirkelschlüsse ganz gewöhnlich sind. Von den 77 anticopernicanischen Einwänden, welche der Jesuitenpater Riccioli in seinem »Almagestum novum« (Bononiae 1651) 49 Copernicanischen Gründen gegenüber ins Feld führt, ist nach Mädler[1]) der folgende besonders bemerkenswerth: Nach Copernicus würde ein Körper unter 45° Breite fallend mit der Erde eine Bewegung von 1000 Fuß in der Secunde machen und dazu in der ersten Secunde einen Fall von 30 Fuß Endgeschwindigkeit, die nach Galilei proportional der Fallzeit wächst. Die zusammengesetzte Bewegungsgeschwindigkeit wäre also:

$$\text{nach 1 Secunde } \sqrt{1000^2 + 30^2} = 1000{,}5 \text{ Fuß},$$
$$\text{nach 2 Secunden } \sqrt{1000^2 + 60^2} = 1001{,}8 \text{ Fuß},$$
$$\text{nach 10 Secunden } \sqrt{1000^2 + 300^2} = 1044{,}1 \text{ Fuß u. s. w.}$$

Wie kommt es nun bei der verhältnissmäßig so geringen Verschiedenheit dieser Werthe, dass je nach der Fallzeit die Kraft des Aufschlagens so sehr verschieden ist? Es müsste ja dann eben so gefährlich sein, von einem Tische, als von der Höhe eines Thurmes herabzuspringen, wenn Copernicus Recht hätte! — Warum merkt Riccioli nicht, dass er die Geschwindigkeiten erst für das heliocentrische System berechnet und dann auf das geocentrische System bezieht? Er übersieht die Relation beide Male, weil er vom praktischen

1) Geschichte der Himmelskunde, Bd. I. S. 319.

Leben her gewohnt ist, nur stillschweigend nicht ausdrücklich, dem Worte »Bewegung« eine Relation unterzulegen.

Ein Lieblingseinwand der Anticopernicaner war bekanntlich der, dass ein von der Höhe fallender Körper senkrecht und nicht schief auftrifft. Noch ehe das Beharrungsvermögen zum Principe erhoben war, wusste man diesen Einwurf durch die einfache Analogie eines vom Schiffsmaste fallenden Steines zu entkräften. Und diese Widerlegung musste um so sicherer wirken, als bei der Bewegung des Schiffes gerade der geocentrische Bewegungsbegriff vorausgesetzt wurde, welchen die Anticopernicaner beständig vor Augen hatten![1]

Kepler ist zu erwähnen als einer der ersten, wenn nicht der erste Copernicaner, welcher begriffliche Erwägungen über die Bewegung angestellt hat, ohne freilich über den Standpunkt des Copernicus selber wesentlich hinauszugehen.[2] Was der Unterschied zwischen wahrer und scheinbarer Bewegung sei, erfahren wir von ihm eben so wenig, wie von seinem Vorgänger. Ein Fortschritt liegt aber immerhin darin, dass er auf gewisse Arten des Vorurtheils hinweist, wodurch bewogen wir eine scheinbare Bewegung für wirklich nehmen. So hebt er hervor, dass wir allemal geneigt sind, demjenigen von zwei Körpern die Ruhe zuzuschreiben, den wir (sei es mit Recht oder mit Unrecht) für den weitaus größeren halten.[3]

Sehr schön ist seine Auseinandersetzung der Simplicität des neuen Systemes.[2] Man sage doch nicht, dass sich der Hörsaal um den Kopf des Redners drehe! Eben so widersinnig sei es aber anzunehmen, dass die Fixsternsphäre um die Erde gedreht sei. »Die Natur führt nicht auf schwierigem und umständlichem Wege aus, was sie leichter erreichen kann«. Kepler fügt übrigens gleich hinzu, dass dies Argument nur für die Wahrscheinlichkeit des neuen Systemes spreche, und schickt sich an, die Nothwendigkeit des letzteren zu erweisen. Dieselbe folge aus der Annahme, dass es außerhalb des Himmels Nichts weiter gibt. Hier schließt er sich also wieder unmittelbar an Copernicus an. Sehr urwüchsig nimmt er seinen Himmelsglobus zur Hülfe. »Denn bei der Umdrehung der Kugel hängen ihre Pole in

1) Wohlwill, a. a. O. Z. f. Völkerps. Bd. XV. S. 94f.

2) Epitome astron. Copernicanae 1618. Insbesondere vgl. Lib. I. P. V. (Opera VI. S. 168ff.).

3) Ad Vitellionem Paralipomena 1603 Cap. X. (Opera ed. Frisch II. S. 333ff.).

einem unbeweglichen Meridian, dieser aber stützt sich auf den Horizont und das Fußgestell, das Fußgestell aber auf den Tisch und der Tisch auf die Erde; aber außerhalb der Weltmaschine gibt es Nichts, was an Stelle des ruhenden Meridianes träte«. »Wenn gleich eine Trennung der Sterne von den darunter befindlichen Theilen der Erde wahrgenommen wird, so lässt sich doch noch nicht erkennen, durch welcher Sache Bewegung dies geschieht, falls nicht zugleich mit der Erde noch ein Körper außerhalb des Himmels ruht, welcher den Himmel einschließt und ihm einen Ort gewährt; einen solchen Körper gibt es aber nicht, wenigstens weiß man Nichts von ihm. Wenn es ihn aber gäbe, würde sich der Himmel darin in gleicher Weise umdrehen, wie nach Copernicus die Erde im Himmel, zu welcher Annahme jener äußere Körper unnöthig ist«. Die von Aristoteles überkommene Forderung, dass der ortgebende Körper den locirten umfassen müsse, zieht sich übrigens noch viel weiter in der Geschichte des Bewegungsbegriffes fort. Dass das Firmament den Namen eines umfassenden Körpers überhaupt nicht verdient, weil sich die Fixsternabstände verändern, dies hat man erst ein Jahrhundert nach Kepler erkannt. Wir gegenwärtig werden die Erde sehr wohl für fähig zum geometrischen Bezugsobjecte halten, und wenn wir in der Regel die Bezugnahme auf den Himmel vorziehen, so sind dabei dynamische Gründe maßgebend, von denen die Astronomen vor Galilei nur dunkle Ahnungen hatten. Erst Galilei hat durch seine Entdeckung des dynamischen Grundgesetzes der Trägheit der alten Unterscheidung zwischen wahrer und scheinbarer Bewegung einen festeren Anhalt gegeben, indem er dem rein geometrischen Vorstellungselemente des Bewegungsbegriffes ein dynamisches zur Seite stellte. Deshalb tritt auch erst mit ihm der Copernicanismus in eine Epoche, welche eben des Bewegungsbegriffes halber noch heutigen Tags verdient, eingehend auf ihre Beweis- und Widerlegungsmittel untersucht zu werden.

§ 3. Galilei und seine »Dialoge« (1632).

Wenn Galilei überhaupt in höherem Grade, als irgend einer seiner Vorgänger, der Aristotelischen Weltbetrachtung abhold war, so macht sich dies insbesondere auch in seinen Anschauungen über

den Bewegungsbegriff geltend. Er erklärt sich mit Nachdruck gegen die Aristotelische Forderung, dass der locirende und der locirte Körper in größter Nähe bei einander sein müssten, dass also jeder bewegte Körper sich unmittelbar bei (sopra) einem anderen unbeweglichen vorüber bewege; und er will für die Contiguität eine bloße Relation eingesetzt wissen,[1] ohne dass man freilich behaupten dürfte, er halte die wirkliche Bewegung für etwas ihrem Wesen nach sinnlich Relatives. Im Gegentheil erklärt er die von Copernicus gelehrte wirkliche Bewegung der Erde für etwas Transcendentes, was man sogar nur anerkennen könne, wenn man durch Vernunftgründe seinen Sinnen Gewalt anthut (357).[2] Die Einsicht in den Galileischen Bewegungsbegriff ist insofern ziemlich schwierig, als eine eigentliche Definition der Bewegung gar nicht aufgestellt wird. Immerhin aber lässt sich für Galilei — was für seine Vorgänger Copernicus und Kepler kaum Sinn gehabt hätte — eine Definition reconstruiren, m. a. W. ein Schema angeben, in welches seine Anwendungen der Ausdrücke »wahre Bewegung« und »scheinbare Bewegung« nach Möglichkeit hineinpassen. Dieses Schema ist folgendes.

Sein und Geschehen in ihrer Wirklichkeit erkennen, heißt: Denken und Handeln der Natur in Gedanken so getreu als möglich zu wiederholen. Die Natur aber erreicht alle ihre Zwecke auf möglichst einfachem Wege, sie ist ein zweckthätiges, ein denkendes Wesen. Ihre räumlichen Operationen führt sie mit Rücksicht auf ihren Anschauungsraum aus; und die Bewegungen sind dem entsprechend insoweit wirklich, als sie sich auf den Anschauungsraum der Natur beziehen, was an ihrer größtmöglichen Simplicität erkannt wird.

Um zu zeigen, dass dieser teleologische Gedankengang Galileis »Dialogen« wirklich zu Grunde liegt, wenn gleich er nirgends zusammenhängend ausgeführt wird, brauche ich nur eine Anzahl von Stellen hervorzuheben.

Sagredo (288): »Zwei, drei Mal habe ich in den Werken dieses Autors (Aristoteles) beobachtet, wie er zum Beweise, die Sache ver-

---

1) Opere, Firenze 1842—1856. Tomo I. p. 130.

2) Seitenzahlen des ersten Bandes der Opere: »Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo«.

halte sich so oder so, derartige Redensarten anwendet, dass sie so oder so unserer Einsicht gemäß sei; dass wir anders keinen Zugang zur Erkenntniss dieser oder jener Sache haben würden; oder dass der Verstand der Philosophie sonst verwirrt werden müsste. Gerade als wenn die Natur zuerst den Menschen das Gehirn verliehen und nachher die Dinge der Fassungskraft ihres Verstandes angemessen geordnet hätte. Ich aber möchte eher dafür halten, dass die Natur zuerst die Dinge nach ihrem Gutdünken (a suo modo) gemacht und sodann die menschliche Vernunft erschaffen hat, fähig, von ihren Geheimnissen ein Weniges (aber nur mit großer Mühe) zu begreifen«.

Salviati: »Eben dies ist auch meine Meinung«.

Mit ganz ähnlichen Worten wird auch noch anderwärts die Stellung der menschlichen Erkenntniss zur Natur gekennzeichnet. »Was uns zu verstehen sehr schwer fällt, vollbringt die Natur mit leichter Mühe« (485), bemerkt Salviati, der Vertreter von Galileis eigensten Ansichten gelegentlich.

Das Sein und Werden in seiner Wirklichkeit zu erkennen, heißt also, es aus den Gesichtspunkten der Natur anzuschauen. Wie kann man aber die Gesichtspunkte der Natur finden? Antwort: es sind immer diejenigen, woraus betrachtet die Dinge am einfachsten aussehen. Denn »Unzweckmäßig (frustra) geschieht durch mehrere Mittel, was durch wenigere geschehen kann« (138), und die Natur ist zweckmäßig (429). Welche Rolle das Simplicitätsprincip bei Galilei spielt, ist allgemein bekannt; hat doch er es zuerst zum allgemeinen Grundsatze der Naturwissenschaft erhoben; es wäre deshalb überflüssig, hier noch andere Stellen herbeizuziehen. Dass Galilei das Geschehen in der Natur als Geistesact derselben auffasst, steht außer Zweifel. [1])

Der ganze hiermit aus einzelnen Stellen beleuchtete Grundgedanke wiederholt sich andeutungsweise in der folgenden Ausführung Salviatis: Wenn nun, um aufs Haar dieselbe Wirkung zu erzielen, es gleich viel ausmacht, ob die Erde allein sich bewegt, während das ganze übrige Weltall ruht, oder ob, während die Erde fest bleibt, mit

1) Wenn wir heutigen Tags bisweilen die Natur als denkendes und handelndes Wesen einführen, so geschieht es allerdings nur im bildlichen Sinne. Dass aber von einer bloßen bildlichen Redeweise bei Galilei nicht die Rede ist, scheint mir aufs deutlichste aus der soeben citirten Stelle der Dialoge hervorzugehen.

derselben Bewegung das Weltall bewegt wird: wer sollte da glauben, dass die Natur (die doch nach dem übereinstimmenden Urtheile Aller nimmermehr unter Zuhülfenahme vieler Mittel ausführt, was sich mit wenigen zu Stande bringen lässt) die Auswahl getroffen haben könnte, eine unermessliche Anzahl der ausgedehntesten Körper mit einer nicht zu schätzenden Geschwindigkeit sich bewegen zu lassen, um Etwas zu erreichen, was durch eine verhältnissmäßig geringe Bewegung eines einzigen um sein eigenes Centrum hätte erreicht werden können (130)?« Man sieht, Galilei denkt sich die Natur förmlich in ihrem Anschauungsraume operirend. So deutlich lässt sich diese großartige Auffassung weder bei Copernicus noch bei Kepler nachweisen. Es fehlen ihnen nicht die einzelnen Gedanken, wohl aber noch die feste Verkettung zu einer einheitlichen philosophischen Naturbetrachtung. Kepler lässt die Einfachheit nur für ein Argument der Wahrscheinlichkeit gelten und beruft sich zum Beweise der nothwendigen Wahrheit der neuen Lehre darauf, dass der Himmel allumfassend sei und darum keinen Ort und keine Bewegung habe. Für Galilei ist eben die Simplicität der Lehre der beste Beweis ihrer Wahrheit und von dem durch Kepler vorgezogenen Argumente macht er, der den Aristotelischen Bewegungsbegriff überhaupt nicht mehr gelten lässt, keine Anwendung. Auf ihn passt demnach das aufgestellte Schema viel besser, als auf seine Vorgänger. Ob er sich freilich unter dem Anschauungsraume ganz das gedacht hat, was wir uns dabei vorstellen, ist sehr fraglich und jedenfalls nicht sicher auszumachen. Man wird wohl überhaupt nicht irren, wenn man Galileis Naturanschauung mehr für eine unmittelbare gefühlvolle Betrachtung der Dinge als für ein scharf ausgeprägtes philosophisches System hält. [1])

Dass Galilei sich in seinen Untersuchungen von der Erfahrung leiten lässt und immer mit ihr in unmittelbarster Berührung bleibt, dies steht mit seiner Anschauung von der oftmaligen Transcendenz der Wahrheit gar nicht in Widerspruch. Unsere Wahrnehmungen im allgemeinen, und unsere Wahrnehmungen von Bewegungen im besonderen sind gewissermaßen nur Spiegelbilder der naturgemäßen

---

1) Vgl. W. Wundt, Logik Bd. II. S. 243, über das Simplicitätsprincip bei Galilei, und seine Doppelgestalt. S. o. S. 353.

Wahrheit. Von ihrer Betrachtung müssen wir ausgehen und auch beständig auf sie Rücksicht nehmen, wenn wir anders zur Erkenntniss des Wahren gelangen wollen; wir werden aber hiervon immer weit entfernt bleiben, wenn wir die Spiegelbilder mit den gespiegelten Dingen selbst verwechseln. Dies dürfte der Kern der Galilei'schen Methode sein.

Fassen wir das Schema der Galilei'schen Bewegungsurtheile in wenige Worte zusammen, so ergibt sich diese Formel: Bewegung im allgemeinen ist Ortsveränderung in einem Anschauungsraume. Die wirklichen Bewegungen beziehen sich auf den Anschauungsraum der zweckthätig denkenden Natur; die uns gegebenen Bewegungsphänomene auf unseren Anschauungsraum, den wir, um ihn zu fixiren, an irgend einen gegebenen Körper anzuheften pflegen.

Von der größten Wichtigkeit ist es, sich die Stellung zu vergegenwärtigen, worin Galileis eigene Auffassung seines Trägheitsgesetzes zu seinem Schema der Bewegungsurtheile steht. Wir brauchen hierzu nur die »Dialoge« zu berücksichtigen und nicht die »Discorsi« von 1638, worin er das Gesetz nur auf geocentrische Bewegungen anwendet. Aus den »Dialogen« ist auf das unzweideutigste zu sehen, dass er sein Gesetz, als ein Gesetz über die wirklichen Bewegungen der Körper, in aller Strenge ebenfalls auf den Anschauungsraum der Natur bezieht und es für geocentrische Bewegungen nur annäherungsweise gelten lässt. In der That ist aus seinen Betrachtungen über Projectilbahnen (166—202) mit voller Sicherheit zu schließen, dass er das genaue Bezugssystem seines Gesetzes durchaus mit dem Bezugssysteme des Copernicus identificirt. Diese scharfsinnigen Ausführungen haben den gemeinsamen Zweck, die aus ballistischen Erfahrungen entnommenen Gegengründe der Anticopernicaner zu entkräften. Die letzteren hatten, wie bekannt, u. a. behauptet, bei bewegter Erde müsste gegen die Erfahrung ein süd-nördlich abgeschleudertes Geschoss westlich vom Ziel auftreffen, weil während seiner Flugzeit der Erdboden sich unter ihm von West gegen Ost hinwegdrehe. Galilei weist nun nicht allein nach, dass, vorausgesetzt die Richtigkeit der letzteren Annahme, die Abweichung viel zu gering sei, um constatirt zu werden; er führt auch aufs klarste aus, dass das Geschütz so gut wie das Ziel an der Bewegung der Erde theilnimmt und dass darum die Kugel vom Geschütz aus einen west-östlichen »impetus impressus« empfängt,

durch welchen gezwungen sie der Bewegung des Zieles nothwendig nachfolgt.[1] Ja er lässt sogar erkennen, wie durch die verschiedene geographische Breite des Geschützes und des Zieles eine geringe Verschiedenheit der mitgetheilten west-östlichen Geschwindigkeit der Kugel und der gleichfalls west-östlichen Geschwindigkeit des Zieles bedingt wird; eine Verschiedenheit, aus welcher in unserem Falle sogar eine — allerdings verschwindend kleine — Abweichung gegen Osten, und nicht gegen Westen resultiren würde (198). So scharf sind diese Ausführungen, dass man ihnen, wie Wohlwill mit Recht hervorhebt, das Princip der sogenannten experimentellen Beweise für die Erdrotation ohne weiteres entnehmen kann.[2] Galilei hätte vielleicht solche Beweise selbst in Vorschlag gebracht, wäre er nicht an der Möglichkeit hinreichend scharfer Beobachtungsmethoden von vornherein verzweifelt.

Wenn man in Erwägung zieht, wie Galilei zu seinem Gesetze gelangt ist, so kann man nicht zweifeln, dass er dasselbe zunächst im Sinne des trivialen geocentrischen Bewegungsbegriffes verstanden hat. Denn von Erfahrungen über geocentrische Bewegungen hat er sich bei seinen Ueberlegungen leiten lassen. Dass er auf diesem Standpunkte nicht stehen geblieben ist, davon haben wir uns überzeugt; und wir können auch den Grund einsehen, warum er sich von ihm hinwegdrängen ließ. Die geradlinige[3] gleichförmige Bewegung ist die denkbar einfachste und darum im Falle der einfachsten Bewegungsbedingung, d. h. des Sich-selbst-überlassen-seins der Vernunft der Natur am meisten gemäß: solches wird aller Wahrscheinlichkeit nach Galileis leitender Gedanke gewesen sein. Dabei mag anfangs der

---

1) Bei früheren Copernicanern, z. B. Kepler (Opera T. III p. 461) fehlt es keineswegs an beiläufigen Andeutungen in ähnlichem Sinne. Es liegt denselben aber immer nur eine instinctive Erkenntniss des Beharrungsvermögens zu Grunde, welches erst von Galilei zum wissenschaftlichen Princip erhoben worden ist. Vgl. auch Wohlwill, a. a. O.

2) A. a. O. Zeitschr. f. Völkerps. u. Sprachw. Bd. XV. S. 101.

3) Die neueren Untersuchungen von Wohlwill (Ztschr. f. Völkerps. Bd. XIV, XV) stellen in Zweifel, ob Galilei bereits die geradlinige, ob er nicht vielmehr bloß die gleichförmige Bewegung sich selbst überlassener Körper ausdrücklich gelehrt hat. Wie dem auch sei, jedenfalls steht jene Lehre von der geradlinigen Bewegung unverkennbarer Weise im Hintergrunde der oben besprochenen Erörterung über Projectilbahnen, und dass sie nicht zum expliciten Ausdrucke gelangt, thut hier Nichts zur Sache.

Copernicaner in ihm die geocentrische Bezugnahme ganz übersehen haben, womit er bei seinen Versuchen operirte. Sobald sie ihm aber zu klarerem Bewusstsein gelangt war, durfte er sie nicht länger dulden. Er musste, wenn er anders streng sein wollte, die zweckmäßige Bewegung des unbeeinflussten Körpers auf den Anschauungsraum der denkenden und zweckthätigen Natur beziehen, wie er es denn auch gethan hat.

Dass jede wahrnehmbare Bewegung eine relative sei, hat Galilei an zahlreichen Stellen seiner Dialoge und weit deutlicher zum Ausdrucke gebracht, als irgend einer seiner Vorgänger (z. B. 129. 190 f. 271. 407). So legt er Salviati die Worte in den Mund: »Die Bewegung verhält sich (è) insofern wie Bewegung und wirkt wie Bewegung, als sie auf Dinge Beziehung hat, welche ihrer entbehren; aber zwischen solchen Dingen, welche in gleicher Weise sämmtlich daran theilnehmen, macht sie Nichts aus und verhält sich (è), wie wenn sie nicht vorhanden wäre« (129). Dass übrigens Galilei die sinnliche Relativität für ein wesentliches Element nicht der Bewegung an sich, sondern nur der erscheinenden Bewegung gehalten wissen will, dürfte nach dem Obigen [1]) außer Frage stehen und wird auch weder durch die eben angeführte Stelle noch durch irgend eine ihrer Parallelstellen in Frage gesetzt. Zweifellos aber ist die — ahnungsweise von frühester Zeit an in uns wohnende — Erkenntniss der Relativität aller wahrnehmbaren Bewegung erst durch Galileis Dialoge der gelehrten Welt zu klarerem und allgemeinerem Bewusstsein gelangt. [2])

Theils eben darum, theils aus anderen Gründen hat Galilei mit seinen Bemühungen in der Entwickelungsgeschichte des Bewegungsbegriffes geradezu eine neue Epoche begründet. Vor allem aber hat er auf die nachkommende Zeit den größten Einfluss geübt, indem er den Grund gelegt hat zu einer dynamischen Färbung des Begriffes der wirklichen Bewegung. Galilei beurtheilt die Bewegungen nach einem Schema, welches er seinen Lesern nicht selber gibt, welches wir vielmehr nur aus seinem Sprachgebrauche erschließen konnten. Newton erhebt dieses Schema zu einem von Bewusstsein getra-

1) S. o. S. 363.

2) Vgl. E. F. Apelt, Die Epochen der Geschichte der Menschheit. 1851. Bd. I S. 262 ff.

genen wissenschaftlichen Grundbegriffe, den er seinen Lesern auch nicht vorenthält. Galileis wirkliche Bewegungen beziehen sich auf denselben Raum wie sein dynamisches Grundgesetz, und eben darum haftet ihnen ein dynamisches Element an: aber erst bei Newton kommt dieses dynamische Element zu vollem Bewusstsein. Wenn darnach er als Galileis unmittelbarer Nachfolger in der Entwickelungsgeschichte des Bewegungsbegriffes betrachtet werden muss, so können wir doch zu ihm nicht übergehen, ohne zuvor eine andere der Entwickelung zwar fremde, aber darum nicht minder einflussreiche Gedankenrichtung ins Auge gefasst zu haben. Was Descartes über »Ort« und »Bewegung« gedacht hat, liegt in jeder Beziehung außerhalb des Weges, welcher von Galilei zu Newton führt. Und dennoch hat es hier die größte Bedeutung, indem es die Zeitgenossen mächtig auf das Problem des Bewegungsbegriffes aufmerksam machte und Galileis Lehre gerade durch den Widerspruch in Newton erst zu vollem Bewusstsein brachte.

§ 4. Descartes und sein Gegner Henry More.

Vergegenwärtigen wir uns zuerst Descartes' Anschauungen vom Raume und Orte so weit, als es nöthig ist, um seine Ansichten über die Bewegung zu verstehen. Der von einem Körper eingenommene Raum ist nichts wesentlich Anderes, als der Körper selbst, betrachtet jedoch von uns: erstens mit dem Bewusstsein, dass seine unwesentlichen Eigenschaften, Härte, Farbe u. s. w. beliebig anders sein könnten; zweitens mit Rücksicht auf äußere Körper, welche seine Lage bestimmen (II. 10—13).[1] Der eingenommene »Raum« und der »Ort« eines Körpers sind insofern verschieden, als der »Raum« sich nicht so sehr auf die Lage gegen äußere Körper, als auf die Größe und Figur bezieht, während gerade das Umgekehrte vom »Ort« gilt. Der »Ort« eines Körpers zerfällt in seinen »inneren Ort«, welcher mit dem eingenommenen »Raume« identisch ist (II. 15), und in seinen »äußeren Ort«. Den letzteren erkennen wir durch die Beziehung des Körpers auf äußere »wie unbeweglich betrachtete« Körper (II. 13) und haben ihn zu definiren als die Grenzfläche im Contact mit umgebenden Körpern, wobei aber diese Grenzfläche eben so wenig

1) Zu lesen: Principia philosophiae. Pars II. 10—13.

zum umgebenden Körper als zu dem umfassten gerechnet, vielmehr einzig durch ihre »Größe und Figur« bestimmt wird. Aehnliche Beschränkungen der Aristotelischen Lehre fanden sich andeutungsweise bereits in der Scholastik (s. o.).

Man sieht, dass Descartes sich große Mühe gibt, die Bezugnahme auf einen immateriellen Raum nach Möglichkeit zu vermeiden. Es gelingt ihm aber nicht. Weshalb darf die Grenzfläche, welche den Ort nach außen bestimmt, weder zum umgebenden, noch zum umfassten Körper gerechnet werden? Weil man Beispiels halber von einem Schiffe, welches der Strom thalabwärts und mit derselben Geschwindigkeit der Wind thalaufwärts treibt, nicht sagt, dass es seinen Ort verändert, wiewohl das umgebende Wasser und die umgebende Luft beide nicht unverändert dieselben bleiben. Es ist, wie Descartes wohl selbst gefühlt hat, durchaus unzureichend, die unveränderliche Größe und Figur des äußeren Ortes, d. h. der trennenden Fläche, zu betonen. Denn in dem Beispiele vom Schiffe kommt thatsächlich hierzu noch die Bestimmung, dass diese Fläche ihre Lage zu den Flussufern beibehalten soll. Freilich hätte Descartes die hierin liegende Bezugnahme auf den nicht materiell gegebenen Anschauungsraum nicht hervorheben dürfen, ohne sofort seine ganze materialistische Raumtheorie in Frage zu stellen. Der umgebende Körper hat thatsächlich keine Bedeutung, denn der Ort des umfassten Körpers bezieht sich in dem Beispiele vom Schiffe nicht auf ihn, sondern auf einen entfernten Körper, auf die Flussufer. In der That setzt nun auch Descartes selbst auseinander, dass der äußere Ort eines Körpers sich auf jeden beliebigen anderen Körper beziehen könne, welcher »wie unbeweglich betrachtet wird«. Es könne deshalb ein Ding gleichzeitig seinen Ort verändern und nicht verändern[1]) je nach den Körpern, worauf es bezogen wird (II. 13).

Der Bewegungsbegriff Descartes' ist nun ein zwiespältiger, er umfasst einen »motus, ut vulgo sumitur« und einen »motus ex rei veritate consideratus«. Obwohl darnach der erstere motus nicht »ex rei veritate« verstanden zu sein scheint, bedient sich Descartes seiner dennoch auch in wissenschaftlichen Fragen und verwirft ihn

1) Von Bewegung und Ruhe ist hier noch nicht die Rede.

eigentlich nur da, wo ihm etwas darauf ankommt, eine aus anderen Gründen angenommene Meinung durchzusetzen. Seine Definitionen für beide Arten der Bewegung sind die folgenden.

1) »Motus, ut vulgo sumitur« ist nichts Anderes, als die Thätigkeit, wodurch ein Körper aus einem Orte in einen anderen übergeht (II. 24). Von der Ortsveränderung ist also die Bewegung im vulgären Sinne in Etwas verschieden, sie ist nämlich die »Thätigkeit. durch welche« die Ortsveränderung zu Stande kommt. Da ein Körper gleichzeitig seinen Ort verändern und beibehalten kann, so folgt nach Descartes auch, dass er im vulgären Sinne gleichzeitig sich bewegen und ruhen kann. Hierzu gibt Descartes das übliche Beispiel vom Schiffspassagier, der sich relativ zum Festlande bewegt, aber darum noch nicht relativ zum Schiffe bewegt zu sein braucht. Mit diesem »vulgären« Bewegungsbegriffe hat sich aber Descartes nicht zufrieden gegeben, zum Theil, weil er einen Vorgang, welcher, wie die Bewegung, so viele Erscheinungen bestimmt, nicht als etwas an sich Unbestimmtes betrachten mochte. Hauptsächlich aber mag er von dem Gefühle geleitet worden sein, dass, falls er sich zu dem vulgären Begriffe bekennen würde, er gerade dadurch seiner eigenen Lehre vom Raume einen empfindlichen Stoß versetzen würde. Er lässt deshalb den vulgären Bewegungsbegriff nur in Gemäßheit seiner Ansicht vom berechtigten Unterschiede des praktischen und theoretischen Erkennens (I. 3) gelten. Der Wahrheit der Sache entspricht seiner Meinung nach vielmehr der andere Bewegungsbegriff, welchem er den folgenden Ausdruck gibt:

2) »Motus ex rei veritate consideratus« ist die Uebertragung eines Theiles der Materie oder eines Körpers aus der Nachbarschaft derjenigen Körper, welche jenen unmittelbar berühren und »wie ruhend betrachtet« werden, in die Nachbarschaft anderer Körper (II. 25). Zur Verwahrung gegen Missverständnisse wird noch hinzugefügt, dass hierbei die Uebertragung selbst und nicht die Kraft oder Thätigkeit gemeint ist, wodurch jene zu Stande kommt. Uebrigens sei auch diese wirkliche oder »eigenthümliche« (proprie sumptus) Bewegung nichts selbständig Existirendes, sondern nur ein Modus des bewegten Körpers.

Da haben wir also wieder den echten Aristotelischen Begriff der Bewegung eines Körpers an sich (*καθ' αὐτὸ*) in seiner fast un-

veränderten Eigenheit. Descartes hat den ursprünglichen Aristotelischen Ortsbegriff verlassen, und er hat sich anderseits gesträubt gegen die Zumuthung, Bewegung mit Ortsveränderung zu identificiren. Aber sein »motus proprie sumptus« ist thatsächlich von der Aristotelischen eigentlichen (nicht bloß accidentiellen) Bewegung nicht verschieden. Dieselbe Forderung der roh materiellen in Contiguität bestehenden Relation hier wie dort. Ein kleiner Unterschied besteht höchstens in dem Zusatze, dass die Nachbarmaterie »als unbeweglich betrachtet« werden soll, und dieser Zusatz geht durch einfache Subjectivirung aus der Aristotelischen objectiv gehaltenen Lehre von der Unbeweglichkeit des Ortes hervor.

Es wäre ein Anachronismus, diesen Begriff der »eigenthümlichen« Bewegung aus dem Standpunkte der heutigen Mechanik ausführlich kritisiren zu wollen. Er ist schon darum unbrauchbar, weil er eine einheitliche Bezugnahme von vornherein unmöglich macht: wenn man mit Descartes jeden Planeten räumlich auf seine eigene Atmosphäre bezieht, kann man die Beziehungen der Planeten untereinander nicht erkennen. Eben deshalb sieht sich auch Descartes selbst in seiner Darstellung des Weltganzen genöthigt, den vulgären Bewegungsbegriff zu Hülfe zu nehmen, wenngleich immer nur der »geometrischen Construction halber«, welche mit der Wahrheit hier Nichts gemein haben soll.

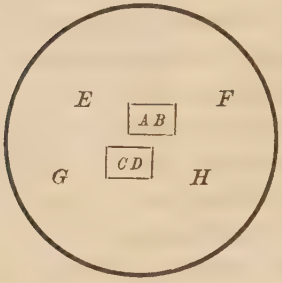
Doch wir haben bis hierher Descartes' Ansichten über die Bewegung nur zum Theil und wahrlich nicht von der besten Seite kennen gelernt. Der Begriff der »eigentlichen« Bewegung hat wohl in die Cartesianischen Compendien der Physik[1]) zunächst Eingang gefunden, aber heutzutage ist er mit Recht aus der Mechanik spurlos verschwunden. Von der größten historischen Bedeutung ist hingegen eine kleine Betrachtung, welche Descartes unmittelbar angeknüpft hat; denn sie scheint den Zeitgenossen einen mächtigen Anstoß zu neuem Nachdenken gegeben zu haben und wirkt bis in die neueste Zeit nach. Er kommt zu dieser Ueberlegung aus Anlass des schon erwähnten Zusatzes »wie unbeweglich betrachtet«. Unter welchen Umständen »sehen« wir einen Körper im Gegensatze zu anderen »als ruhend an«? So musste sich Descartes fragen. Hören wir, was

1) Z. B. Jac. Rohaulti Tractatus physicus. Amstelod. 1691.

er selbst hierüber schreibt. Er hat soeben noch ausdrücklich auf die Bedeutung hingewiesen, welche seiner Forderung der Contiguität in der Bewegungsrelation beizumessen sei, und fährt nun in der Erläuterung seiner Definition der eigentlichen Bewegung fort (II. 29): »Endlich habe ich hinzugefügt, jene Uebertragung geschehe aus der Nachbarschaft nicht beliebiger anstoßender Körper, sondern nur solcher, welche wie ruhend betrachtet werden. Denn die Uebertragung selbst ist wechselseitig, und man kann sich nicht vorstellen, dass der Körper AB aus der Nachbarschaft des Körpers CD übertragen werde, ohne sich zugleich vorzustellen, dass der Körper CD aus der Nachbarschaft des Körpers AB übertragen wird: und genau dieselbe Kraft und Thätigkeit wird von der einen wie von der anderen Seite erfordert. Wenn wir also der Bewegung überhaupt eine eigene und nicht eine auf etwas Anderes bezogene Natur zuschreiben wollten, so müssten wir, falls von zwei benachbarten Körpern der eine hierhin, der andere dorthin übertragen wird und sie sich also von einander trennen, sagen, dass eben soviel Bewegung in dem einen als in dem anderen ist.«

So radical ist vor Descartes das phoronomische Reciprocitätsgesetz noch nirgends ausgesprochen worden. Dass jede wahrnehmbare Bewegung ein Bezugsobject voraussetzt, war schon für Galilei eine geläufige Erkenntniss. Dass aber die Beziehung an sich eine commutable sei, hat erst Descartes ausgesprochen. Freilich auch er noch nicht als eine unbedingte Thatsache. Nicht nur beschränkt er sie auf die unmittelbare Berührung, sondern er gibt auch Umstände an, unter welchen seine Regel Ausnahmen erfährt. Nämlich, wo die consequente Befolgung der logisch freilich unantastbaren Wahrheit zu Widersprüchen gegen den »gesunden Menschenverstand« führen würde. Er fährt im Anschlusse an die soeben citirte Stelle fort: »Aber dies würde allzusehr gegen den gemeinen Sprachgebrauch verstoßen. Denn da wir gewohnt sind auf der Erde zu stehen und dieselbe wie ruhig zu betrachten, so meinen wir doch, wenn wir gleich wahrnehmen, wie etwelche Theile von ihr aus der Nachbarschaft anderer kleiner Körper hinwegversetzt werden, darum nicht, dass sie selbst bewegt werde (II. 30). Der Hauptgrund hiervon ist, dass man die Bewegung dem ganzen bewegten Körper beilegt

und doch nicht dementsprechend der ganzen Erde beilegen kann wegen Uebertragung einiger ihrer Theile aus der Nachbarschaft der kleinen angrenzenden Körper; denn oftmals kann man mehrere einander entgegengesetzte Uebertragungen dieser Art an ihr wahrnehmen. Es sei z. B. der Körper $EFGH$ die Erde, und auf ihr möge zu gleicher Zeit der Körper AB von E nach F und CD von H nach G übertragen werden. Wenngleich nun eben dadurch die dem Körper AB benachbarten Theile der Erde von B nach A übertragen werden und auch keine geringere oder andersgeartete Thätigkeit in ihnen als im Körper AB sein kann zu jener Uebertragung, so halten wir doch deshalb nicht dafür, dass die Erde sich von B nach A oder von West nach Ost bewegt, weil man mit gleichem Rechte, wegen der von C nach D gerichteten Uebertragung ihrer an den Körper CD anstoßenden Theile, dann auch annehmen müsste, dass sie auch nach der anderen Seite, nämlich von Ost gegen West, sich bewege; zwei Annahmen, welche einander widersprechen. Um also nicht allzusehr vom gemeinen Sprachgebrauche abzuweichen, so werden wir hier nicht sagen, dass die Erde sich bewegt, sondern nur, dass die Körper AB und CD es thun; und ähnlich in den übrigen Fällen. Indessen werden wir eingedenk sein, dass all das Reale und Positive in den bewegten Körpern, weshalb sie bewegt genannt werden, sich auch in den anderen ihnen benachbarten findet, und dass diese als ruhig nur betrachtet werden«.



Dies also sind die Gründe, warum bei der Definition der Bewegung die Auswahl des Bezugsobjectes dem jedesmaligen Gutdünken des gesunden Menschenverstandes vorbehalten bleiben soll. Weshalb liegt ein Widerspruch darin, dass die Erde sich gleichzeitig nach Ost und nach West bewegt? Ich sehe keinen Widerspruch, wenn sich, wie hier, die beiden Bewegungsurtheile auf zwei verschiedene nicht zu einander ruhige Körper beziehen! Derselbe Widerspruch liegt auch in der Thatsache, dass Einer und Derselbe gleichzeitig Vater und Sohn sein kann. Hier haben wir eine Stelle, wo der triviale geocentrische Bewegungsbegriff eine äußerst verhängnissvolle Rolle spielt.

Ein Körper kann im trivialen Sinne nicht gleichzeitig von Ost nach West und von West nach Ost bewegt sein. Diese unbestreitbare Erkenntniss besitzen wir und besaß Descartes von Kindheit an. Er überträgt sie nun, gedankenlos am Worte haftend, auf einen Fall, dessen Grundbedingungen ihr nicht entsprechen. Von den Vorurtheilen, welche gegen die Bewegung der Erde zu den Schuhsohlen eines Wanderers sprechen, ist vielleicht dasjenige, wodurch Descartes hier bestimmt wird, noch nicht einmal das kräftigste. Fast natürlicher erscheint es uns anzuführen, die Erde sei verhältnissmäßig viel zu groß, um sich durch den Tritt eines Menschen unter seinen Füßen hinwegwälzen zu lassen. Zum Theil entspringt dieses Argument einfachen Simplicitätsrücksichten, indem es leichter ist, die Bewegung eines Gehenden auf der Erde vorzustellen als die Bewegung der Erde zu ihm. Uns kann aber ein solches phoronomisches Argument nimmermehr genügen. Alle Einwände, welche seit Newton vom wissenschaftlichen Standpunkte aus gegen die Bewegung der Erde zu dem Gehenden noch geltend gemacht werden können, sind dynamischen Ursprunges und kommen hier, bei Descartes, noch gar nicht in Frage. Eine Definition, worin dem jedesmaligen Urtheile des gesunden Menschenverstandes eine Entscheidung übertragen wird, von welcher schlechterdings Alles abhängt, ist wohl im Leben, aber nicht in der Wissenschaft brauchbar.

Immerhin ist es als ein außerordentlich großes Verdienst von Descartes zu betrachten, dass er die phoronomische Reciprocität der Bewegung, diese große Wahrheit, welche von Vorurtheilen mehr oder minder verschleiert vor Aller Augen lag, zum ersten Male, wenn auch nur inconsequent, ausgesprochen hat. Er hat dadurch zu allen weiteren Discussionen dieses Gegenstandes den Anstoß gegeben und so auf die Entwickelung des Bewegungsbegriffes die nachhaltigste Wirkung ausgeübt. Als rein phoronomisches Gesetz wird jenes Axiom der Reciprocität gegenwärtig allgemein anerkannt. Als dynamisches Gesetz von den Meisten nur bedingungsweise; es ist aber hier noch nicht der Ort, darauf näher einzugehen. Erst bei Newton werden wir auf ähnliche Fragen zu sprechen kommen.

Nun noch einige Bemerkungen zur Vervollständigung des Bildes, welches ich von Descartes' Bewegungsbegriffe zu entwerfen habe. Obwohl ein Körper nur eine ihm eigenthümliche Bewegung

hat, so können ihm, meint Descartes (II. 31), doch noch unzählige andere Bewegungen durch Theilnahme zukommen. Da haben wir denn auch die accidentielle Bewegung des Aristoteles. Descartes konnte um diese gezwungene Begriffssetzung nicht herumkommen, wollte er anders nicht selber seinen materialistischen Raum- und Bewegungsbegriff fallen lassen.

In der Auseinandersetzung über das Weltsystem bleibt Descartes seinen Grundansichten im wesentlichen treu. Geometrisch geben sich die beiden Annahmen des Copernicus und des Tycho Brahe Nichts nach; höchstens gestaltet sich der Anblick der Welt einfacher, wenn wir die Erde bewegt, als wenn wir sie ruhend annehmen, aber die Einfachheit ist für Descartes kein Beweis der Wahrheit (III. 17).[1] Er selbst hält die Erde für ruhend im eigentlichen Sinne des Wortes, weil sie nicht in Translation begriffen ist in Bezug auf das sie unmittelbar umgebende »coelum fluidum«: denn Strömungen der Atmosphäre kommen hier wegen II. 30 (s. o. S. 374) nicht in Betracht (III. 26—28). Durch Participation an der Bewegung ihres »coelum fluidum« wird die Erde gleichwohl, ohne wirklich bewegt zu sein, um die Sonne herumgetragen. Dieselben Behauptungen gelten auch für die übrigen Planeten, denn als Planeten sieht auch Descartes die Erde an. Zur bildlichen Darstellung der Weltordnung bedient er sich derselben Zeichnung wie Copernicus, aber selbstverständlich nicht, als ob damit die Wahrheit wiedergegeben würde, sondern nur der »geometrischen Uebersichtlichkeit« halber (III. 30. 31).

Die Widersprüche, welche man diesem Cartesianischen Weltsysteme vorgeworfen hat, liegen schon in Descartes' Grundanschauungen über die Bewegung; wer sich mit den letzteren einverstanden erklärt, ist ganz im Rechte, von seinem Standpunkte aus die Erde für ruhend und gleichzeitig doch rotirend zu halten. Deshalb sind viel inconsequenter als Descartes selber jene Cartesianer gewesen, welche sich, wie Rohault, dem Cartesianischen Bewegungsbegriffe im wesentlichen anschlossen und nachher dennoch die Bewegung der Erde als das Wahrscheinlichste ansahen.

Descartes' Anschauungen über die Bewegung haben sich nach-

1) Ueber Descartes' Stellung zur teleologischen Welterklärung vgl. Principia philosophiae I. 28.

weislich an einem Jahre langen inneren Kampfe entwickelt, nämlich an dem Hin- und Herschwanken zwischen dem Weltsysteme mit bewegter und demjenigen mit ruhender Erde. Ursprünglich, wie bekannt, Anhänger des Copernicus, ließ er sich durch das Inquisitionsverfahren gegen Galilei bestimmen, seine Schrift über »Die Welt« zu unterdrücken, in welcher die Bewegung der Erde gelehrt wurde. Er wollte, wie er selbst an Mersenne schreibt,[1] seine Gründe »um Nichts in der Welt gegen die Autorität der Kirche aufrecht erhalten«. Von 1633 bis 1640 ist er in seiner Ansicht unentschieden geblieben. Er schreibt in dem zuletzt genannten Jahre abermals an Mersenne:[2] »Nichts hat mich bis jetzt verhindert, meine Philosophie zu veröffentlichen, als die Vertheidigung der Erdbewegung, welche ich davon nicht zu trennen wüsste, weil meine ganze Physik davon abhängt.« Erst nach 1640 kann also Descartes die Entscheidung getroffen haben, welche er in seinen »Principien« (1644) vorgezogen hat. Jahre lang hat er ihr sicher ernstlich zugestrebt. Zum letzten Schritte hat er sich aber wohl erst durch die Bemerkung bestimmen lassen, dass eine und dieselbe Formulirung des Begriffes der wirklichen Bewegung gleichzeitig die Ansicht der Kirche und seine materialistische Raumtheorie zu rechtfertigen scheine.[3]

Der Cartesianische Bewegungsbegriff trägt ein auffallend äußerliches Gepräge und hat auch keine Spur von einer ähnlichen dynamischen Färbung, wie sie uns in ihren ersten Anfängen bei Galilei begegnet ist. Mit welchem Bewusstsein und aus welchen Gründen Descartes nicht über das Aeußerliche hinausgegangen ist, dafür spricht am besten eine auch anderweit bemerkenswerthe Stelle aus einem seiner Briefe an Mersenne:[4]

»Ich schreibe der Bewegung und auch den sämmtlichen anderen Mannigfaltigkeiten der Substanz, welche man Qualitäten nennt, nicht

---

1) Oeuvres publ. par V. Cousin. Tome VI. p. 238. 242.

2) Ibid. Tome VIII. p. 406.

3) Zu streng dürfte deshalb Henry Mores Urtheil sein, welcher geradezu sagt, Descartes habe sich einzig durch Liebedienerei gegen die Kirche oder gar durch Furcht vor einem ähnlichen Schicksale, wie Galilei, zu einer Verfälschung des Bewegungsbegriffes verleiten lassen. H. Mori Opera omnia, Londini 1679. Tomus I. pag. 107.

4) Oeuvres, Tome IX. p. 104 s. (1643).

mehr Realität zu, als gemeiniglich die Philosophen der Gestalt, welche sie nicht eine reelle Qualität, sondern nur einen Modus nennen. Der Hauptgrund, welcher mich bestimmt, diese reellen Qualitäten zu verwerfen, ist der, dass ich nicht sehe, dass der menschliche Geist einen Begriff oder eine besondere Idee in sich hätte, sie zu begreifen; derart, dass man, indem man sie so nennt und versichert, dass es sie gebe, eine Sache versichert, welche man selbst nicht begreift; und folglich sich selbst nicht versteht. Der zweite Grund ist der, dass die Philosophen diese reellen Qualitäten nur vorausgesetzt haben, weil sie geglaubt haben, anders die Naturerscheinungen nicht erklären zu können, und ich im Gegentheil finde, dass man sie viel besser ohne jene erklären kann«.

Der Haupteinfluss Descartes' auf die Entwickelung des Bewegungsbegriffes ist in der Anregung zu erblicken, welche er zahlreichen anderen Philosophen gegeben hat. Man hatte sich durch die Erörterungen der weitverbreiteten »Principien« von den großen Schwierigkeiten des Problems und gleichzeitig auch von der dringenden Nothwendigkeit überzeugt, dasselbe wenigstens bis zu einem gewissen Abschlusse zu bringen. Vorher glaubte Jedermann unmittelbar anschaulich eine scharfe und widerspruchslose Vorstellung von der Bewegung zu besitzen; ein Vorurtheil, dessen letzter Grund unstreitig in einer Nachwirkung des trivialen Bewegungsbegriffes zu suchen ist. Nun wurde durch Descartes die Ueberzeugung allgemein, dass an einem wissenschaftlich brauchbaren Bewegungsbegriffe noch Vieles fehle. So kann es uns denn nicht wundern, wenn von dem Erscheinungsjahre der »Principien« an (1644) wissenschaftliche Versuche über die Bewegung und insbesondere über den Unterschied zwischen scheinbarer und wirklicher Bewegung häufiger werden, als je zuvor.

Unter Denjenigen, welche zunächst mit diesem Gegenstande sich beschäftigt haben, ist als ein entschiedener Gegner der Cartesianischen Lehre vor Allen Henry More zu nennen. Nicht nur in den Briefen, welche er mit dem Verfasser der »Principien« in dessen letztem Lebensjahre (1649) gewechselt hat, sondern auch in einem seiner größeren Werke, dem (1671 geschriebenen) »Enchiridion metaphysicum«, gibt er seine Ansichten über die Bewegung zu erkennen. Er kämpft vorzüglich gegen zweierlei; erstlich gegen das Reciprocitätsaxiom, welches doch von Descartes selber nicht ohne Einschränkung

ausgesprochen war, sodann aber auch gegen das Aeußerliche und Materialistische am Raum- und Bewegungsbegriffe der Cartesianer. Von größerem geschichtlichen Interesse ist eigentlich nur die letztere Polemik; doch kann auch eine kurze Betrachtung der ersteren hier nur von Nutzen sein, weil sie die beste Gelegenheit gibt sich zu überzeugen, wie absolut nichtig alle phoronomischen, dem »gesunden Menschenverstande« entspringenden, Einwände gegen das Reciprocitätsaxiom sind.

Nicht ein einziger von Henry Mores Einwänden gegen das Axiom kann vor der Kritik bestehen. Bei weitem die meisten beruhen geradezu auf einer petitio principii, nämlich auf der vom trivialen Bewegungsbegriffe her überkommenen instinctiven Annahme, dass ein Körper eine und nur eine ihm eigenthümliche Bewegung besitze. Wenn ein Westwind an einem Thurme vorbeiweht, so meint More, sei doch der Thurm darum nicht gegen Westen bewegt, denn die Erde bewege sich mit dem Thurme nach Osten.[1]) Von dynamischen Bedenken ist hier nicht die Rede. More findet vielmehr nur einen Widerspruch in der angenommenen gleichzeitigen Bewegung des Thurmes nach zwei entgegengesetzten Richtungen, und dass die ganze hierin liegende Paradoxie nur auf einer petitio principii beruht, ist schon klar nach dem, was wir bei Descartes gesehen haben. Ein anderer Einwand Mores ist dieser: Wenn ich ruhig dasitze und Jemand anders tausend Schritte von mir hinweggeht, so dass er vor Anstrengung roth und müde wird, so bin doch nicht ich der Bewegte.[1]) Die äußerliche Beziehungsänderung sei wohl reciprok,[2]) von ihr sei aber die Bewegung wohl zu unterscheiden. Nicht die Beziehungsänderung selbst sei die Bewegung, sondern vielmehr die Kraft oder Thätigkeit, wodurch jene zu Stande kommt.[1]) Die Bewegung soll also etwas Innerliches oder wenigstens nichts materiell Aeußerliches sein. Wenn aber ein Fährmann sich mit seiner Fahrstange auf den Grund des Flusses aufstützt und den Kahn unter seinen Füßen hinwegtritt, so ist doch die Thätigkeit in ihm und nicht im Boote. Würde nun H. More darum das Boot ruhig genannt haben? Er hätte ja dann wieder in den Fall kommen können, der Erde eine westliche Bewegung zuzuschrei-

1) Oeuvres de Descartes, publ. par V. Cousin. Tome X. p. 228 sq. 251.
2) H. Mori opera omnia. Tom. I. p. 162 sq.

ben, was ihm ja mit der Copernicanischen Lehre im Widerspruche zu stehen scheint! Mit all solchen Bedenken des »gesunden Menschenverstandes« verwickelt man sich, wie Jeder weiß, welcher sich einmal ernstlich mit den Fragen beschäftigt hat, nur in immer größere Widersprüche. Niemand, welcher mit der Mechanik vertraut ist, hat gegenwärtig gegen eine doppelte Bewegung eines und desselben Dinges nach zwei entgegengesetzten Seiten in phoronomischer Hinsicht das Geringste einzuwenden. Dynamische Bedenken stehen auf einem anderen Blatte.

Das Verdienst Henry Mores liegt denn auch nicht in seinem fruchtlosen Kampfe gegen das Reciprocitätsaxiom, sondern vielmehr in seinem offenen Proteste gegen den materialistischen Raumbegriff der Cartesianer und seine Anwendungen auf die Bewegungslehre. Er ist hierin ein Vorgänger Newtons, auf dessen Raumtheorie er auch höchst wahrscheinlich den größten Einfluss ausgeübt hat. Seine besseren Argumente laufen wesentlich auf Folgendes hinaus: Descartes selber lehrt, dass sich die inneren Theile eines Körpers »durch Theilnahme« bewegen, wenn sich der Körper als Ganzes »eigenthümlich« bewegt. Dabei verändern sie aber weder ihren »inneren Ort«, denn ihre eigene Materie führen sie mit sich, noch auch ihren »äußeren Ort«, denn ihre Umgebung wird gleichfalls mitgeführt. Sie verändern folglich überhaupt nicht ihren Ort, sind mithin nicht im »vulgären Sinne« bewegt. Aber sie sind auch nicht im »eigentlichen Sinne« bewegt, denn sie trennen sich nicht von ihrer Nachbarschaft. Mehr als diese zwei Arten der Bewegung hat Descartes in den Definitionen nicht unterschieden, die Theilchen sind also nicht bewegt und doch bewegt, was ein Widerspruch ist.[1] More stellt förmliche Experimente an, um die Absurdität der Cartesianischen Lehre zu beweisen.

Gegen die eben ausgeführte deductio ad absurdum, wie sie Mores Erörterungen zu Grunde liegt, würde Descartes übrigens, wenn er noch gelebt hätte, nicht ganz mit Unrecht protestirt haben. Er hat ja mit Bewusstsein den Begriff des »äußeren Ortes« nicht in dem rein Aristotelischen Sinne festgestellt, wie doch im Vorhergehenden vorausgesetzt wird. H. More hätte ihn dann aber dessen überführen können, wie sein Begriff des äußeren Ortes nothwendig eine imma-

1) H. Mori opera omnia. Tom. I. p. 158 sqq. 162 sqq.

terielle, d. h. nicht in äußerem materiellen Contacte bestehende Bezugnahme einschließe,[2] und damit wäre die Cartesianische Raumtheorie in sich zusammengefallen. Immerhin mag auch so, wie sie war, die Polemik Mores von vielen Seiten Anerkennung gefunden haben wegen des unbestreitbar richtigen Grundgedankens, von dem sie ausging.

Der Verfasser des Enchiridion metaphysicum begnügt sich übrigens nicht damit, die Immaterialität des Raumes und Ortes nachgewiesen zu haben. Wie sein eigentliches Ziel überhaupt dieses ist, die reale Existenz unkörperlicher Wesen nachzuweisen, so strebt er insbesondere auch darnach, die reale Existenz des immateriellen Raumes außer Zweifel zu setzen. Wenn Descartes in einseitiger Auffassung des Begriffes der Materie behauptet hatte, etwas nicht Materielles könne nicht ausgedehnt sein, so modificirt Henry More diese Betrachtung dahin, etwas nicht Reales könne nicht ausgedehnt sein. Er schließt daraus auf die reale Existenz des immateriellen Raumes. Mit welchem Rechte, ist hier nicht am Orte zu erwägen. Die Lehre vom »realen immateriellen« Raume interessirt uns hier nur darum, weil sie mit großer Wahrscheinlichkeit als Ausgangspunkt der Newton'schen Theorie des »realen absoluten« Raumes betrachtet werden kann.

Im »Enchiridion metaphysicum« schließt sich nun die Theorie der Bewegung an die Raumtheorie aufs engste an. Die Bewegung eines Körpers ist die Veränderung seines immateriellen realen, nicht äußerlichen, sondern innerlichen Ortes: sie ist also ein innerlicher Vorgang und nicht mit der Aenderung der Nachbarschaft zu verwechseln, welche nur ihr äußerer Erfolg ist. Bis in die letzten Consequenzen scheint Henry More seine Lehre nicht verfolgt zu haben. Hätte er überhaupt den Versuch gemacht, sie bis in's Einzelnste auszubilden, so würde er bemerkt haben, dass überall, wo das Prädicat »bewegt« auf einen gegebenen Fall angewendet wird, doch eine Relation auf irgend welche Materie vorliegt, nur nicht nothwendig eine Relation des Contactes, wie sie Descartes verlangt hatte, sondern eine Relation auf Entfernung vermittelst unseres Anschauungsraumes; und wenn diese Relation auch in Nichts weiter besteht, als in der Be-

2) S. o. S. 370.

ziehung auf unser Gesicht, auf unser körperliches Auge. Dass er dies übrigens gefühlt hat, ersieht man aus Folgendem. Die Cartesianer, meint er, könnten sich auf die Behauptung zurückziehen, die Bewegung der inneren Theile eines bewegten starren Körpers bezöge sich auf Materie außerhalb desselben.[1]) Als wenn sich ein Ding nicht da bewege, wo es ist, sondern da, wo es nicht ist! Nun, der Cartesianischen Lehre gegenüber liegt hierin unstreitig etwas Wahres. Wir aber sind überzeugt, dass Henry More mit seiner Anschauung über das Wesen der Ortsbewegung um eben so viel über das Ziel als Descartes darunter getroffen hat.

Es lässt sich aus Henry Mores Erörterungen nicht mit Sicherheit erschließen, wie nahe er dem Gedanken gekommen ist, seinen realen und immateriellen Raum als einen und nur einen aufzufassen. Im Princip mag er immerhin eine Einheit des Raumes angenommen haben; jedenfalls aber ist Thatsache, dass in den verschiedenen Beispielen von Bewegungen, welche er anführt, nicht überall derselbe Raum, sondern verschiedene im allgemeinen gegeneinander bewegte Räume zur Bezugnahme dienen. In seinen Experimenten gegen den Cartesianischen Bewegungsbegriff derjenige Raum, welcher mit dem Stativ seiner sinnreichen Apparate verbunden ist, oder, da er sich diese vermuthlich auf einem Tische in seinem Studirzimmer aufgestellt denkt, der geocentrische Raum. Ein Experiment macht bemerkenswerther Weise von der Dauer des Lichteindruckes auf unserer Netzhaut Anwendung, und setzt also aufs offenkundigste den subjectiven Gesichtsraum des Experimentators voraus. Als Copernicaner endlich hat More den mit Sonne und Fixsternen verbundenen heliocentrischen Raum vor Augen. Diese Beispiele sind für uns von Interesse. Hätte More bereits, wie später Newton, consequent auf der Einheit des Raumes bestanden, so wäre sein Kampf gegen das Reciprocitätsaxiom wenigstens logisch folgerichtig gewesen: in dem einen Raume wäre jeder Körper schlechterdings entweder bewegt oder ruhig.

Mores Anschauungen vom Raume und der Bewegung und damit die künftigen Entwickelungsstadien des Bewegungsbegriffes sind zweifellos durch eine große physikalische Entdeckung der Zeit mäch-

1) Opera. Tom. I. p. 162 sqq.

tig angeregt: durch die Entdeckung des luftleeren Raumes. Während Descartes, durch seinen einseitig geometrischen Begriff der Materie verführt, die Möglichkeit eines Vacuums bestritt, stellten Andere fast gleichzeitig experimentell die Wirklichkeit desselben fest. Der ganze Streit lief eigentlich auf einen Wortstreit hinaus. Henry More aber fand nun die verhältnissmäßig aufgeklärte Vorstellung eines von Materie entblößten Raumes vor: was war natürlicher für ihn, als die Tragweite der neuen wichtigen Entdeckung zu überschätzen? Zu glauben, dass man überall, wo von Geometrie die Rede ist, die raumbestimmende Materie ganz und gar durch den leeren Raum selbst ersetzen könne? Eine Ansicht, welche doch für die angewandte Geometrie, z. B. für die concrete Bewegungslehre unhaltbar ist!

Von den Zeitgenossen Mores, welche bei der Entdeckung des Vacuums selbst betheiligt waren, ist dieser Schritt, soviel mir bekannt, noch nicht gethan worden. Otto von Guericke[1]) ist sich der Relativität des Ortes sehr wohl bewusst, und hängt noch fast zu ängstlich an der Cartesianischen Lehre. Die Commutabilität der Ortsbestimmung ist ihm nicht verborgen. Uebrigens aber liegen die meisten stellenweise wunderlichen Anschauungen dieses Mannes viel zu fern vom Gange der historischen Entwickelung, um hier in Frage zu kommen.

Den endgültigen Sieg über den Cartesianischen Raum- und Bewegungsbegriff würde More mit seinen Auseinandersetzungen kaum davongetragen haben. Denn er hatte an Stelle dessen, was er zu stürzen unternahm, nichts wirklich Zeitgemäßeres zu setzen. In dieser Lage befand sich erst Newton, welcher, Physiker, Mathematiker und Philosoph zu gleicher Zeit, die Cartesianische Weltmechanik von Grund aus zu untergraben und ein neues Fundament zu legen im Stande war.

§ 5. Newton.

Durch eine höchst tiefsinnige Verschmelzung des »realen immateriellen« Raumes mit dem — von Galilei zwar nirgends genannten, aber allerwärts gedachten — »Anschauungsraume der zweckthätigen Natur« hat Newton seinen »absoluten Raum« geschaffen und damit

1) Experimenta nova Magdeburgica 1672. Lib. II. cap. 2. Lib. V. cap. 15, 16.

dasjenige Fundament der allgemeinen Dynamik gelegt, welches im wesentlichen bis auf den heutigen Tag in Geltung steht.

Newton war zu dieser That geeignet wie kein Anderer. Jahrzehnte lang in das Problem einer kosmischen Dynamik vertieft, hatte er sich mit dem Trägheitsprincip als universellem Gesetze viel eingehender zu beschäftigen als die meisten seiner Vorgänger. Dabei trug er sich beständig mit der gewaltigen Idee einer allgemeinen Gravitation aller Materie und konnte nicht umhin, die gegenseitige Gravitation der Fixsterne in Rücksicht zu ziehen. Wenn nun die Folge dieser Gravitation eine Bewegung war, worauf sollte man die Orte der sich selbst überlassenen Körper, worauf die Orte der Planeten beziehen? Auf den Fixsternhimmel, wie in früheren Zeiten? Das ging doch in der strengen dynamischen Theorie nun und nimmermehr an! Denn das »Firmament« ward zum fluthenden Chaos. Und worauf vollends sollte man die Bewegungen der Fixsterne selbst beziehen? Das sind Fragen, worüber sich Newton nicht hinwegsetzen konnte. Schon die bloße Vorstellung der Möglichkeit einer Distanzänderung der Fixsterne musste ihm die Idee eines von aller gegebenen Weltmaterie losgelösten Raumes als nothwendige Grundlage seiner kosmischen Dynamik an die Hand geben. Nun fand er die Idee eines »realen immateriellen« Raumes bereits fertig bei Henry More, mit welchem er viele Jahre lang in derselben Stadt, wenn gleich in einem anderen Collegium[1]) thätig war. Er brauchte nur in der Lehre von der Immaterialität des Raumes eine größere Consequenz zu üben, als More (s. o. S. 382), und unter Anlehnung an Galilei die Einheit des Raumes zum Princip zu erheben, welche bei More thatsächlich noch mangelte: und der »reale absolute Raum« war fertig.

Ganz neu ist bei Newton einzig und allein die Bemerkung, dass bei der Festsetzung des Begriffes der wirklichen Bewegung die Zeit dem Raume völlig parallel zu stellen sei. Er nimmt, ebenso wie einen »absoluten Raum«, auch eine »absolute Zeit« an, welche nicht nur von allem gegebenen wahrnehmbaren Geschehen, sondern auch von unserem inneren Gedankenlaufe ganz getrennt gedacht wird. Wir sind demnach hier bei Newton zum ersten Male in der Lage, auch auf die

1) Newton lehrte am Trinity College, More am Christ Church College in Cambridge. More starb 1687, im Erscheinungsjahre der Newton'schen »Principien«.

Beziehung des Zeitbegriffes zum Bewegungsbegriffe näher eingehen zu müssen. In der That durchdringen sich bei Newton die drei metaphysischen Grundvoraussetzungen der absoluten Zeit, des absoluten Raumes und der absoluten Bewegung dermaßen innig, dass es unmöglich wäre, sie von einander zu sondern und für sich zu behandeln: sie können nicht anders denn in Gemeinschaft betrachtet werden.

Newton hat seine Ansichten über Raum, Zeit und Bewegung in einer Anmerkung niedergelegt, welche er den einleitenden Definitionen seines Werkes »Philosophiae naturalis principia mathematica« folgen zu lassen für nöthig befand. Es heißt hier (p. 5)[1]:

»Zeit, Raum, Ort und Bewegung als Allen bekannt definire ich nicht. Immerhin ist zu bemerken, dass das Volk diese Größen nur nach ihrer Beziehung auf sinnliche Dinge auffasst, woraus gewisse Vorurtheile entstehen, zu deren Aufhebung man sie passend in absolute und relative, wahre und scheinbare, mathematische und gewöhnliche scheidet«.

»I. Die absolute, wahre und mathematische Zeit fließt, an sich und ihrer Natur nach ohne Beziehung auf irgend etwas Aeußeres, gleichmäßig dahin und heißt mit anderem Namen auch Dauer: die relative, scheinbare und gewöhnliche Zeit ist irgend ein sinnliches und äußeres Maß der Dauer vermittelst einer Bewegung (genau oder ungleichmäßig), so wie man es für gewöhnlich an Stelle der wahren Zeit braucht; z. B. eine Stunde, ein Tag, ein Monat, ein Jahr«.

»II. Der absolute Raum bleibt, seiner Natur nach ohne Beziehung auf etwas Aeußeres, beständig gleichartig und unbeweglich: der relative ist irgend ein beliebiges bewegliches Maß oder eine Abmessung dieses Raumes, welche von unseren Sinnen durch ihre Lage zu Körpern fixirt und für gewöhnlich an Stelle des unbeweglichen Raumes gebraucht wird: so wie die Abmessung des unterirdischen, des Luft- und des Himmelsraumes durch ihre Lage zur Erde fixirt ist. Der absolute und der relative Raum stimmen nach ihrer Erscheinung und Größe überein; sie bleiben aber nicht immer dieselben. Wenn z. B. die Erde sich bewegt, so wird unser Luftraum, welcher relativ und in Bezug auf die Erde immer derselbe bleibt, erst dieser und dann jener Theil des

1) Seitenzahlen nach der zweiten Auflage von 1714.

absoluten Raumes sein, in welchen die Luft übergeht; und so wird er, absolut genommen, fortwährend ein anderer werden«.

»III. Der Ort ist der vom Körper eingenommene Theil des Raumes und je nach dem Raume entweder absolut oder relativ. »»Theil des Raumes««, sagte ich; nicht »»Lage des Körpers«« oder »»umgebende Oberfläche««. Denn gleich große starre Körper haben immer gleich große Orte; die Oberflächen aber sind wegen der Unähnlichkeit ihrer Gestalten höchst ungleich; die Lagen jedoch haben eigentlich überhaupt keine Größe und sind nicht sowohl Orte als vielmehr Beziehungen von Orten. Die Bewegung des Ganzen ist identisch mit der Summe der Bewegungen seiner Theile, d. h. die Uebertragung des Ganzen von seinem Orte ist dasselbe wie die Summe der Uebertragungen seiner Theile von ihren Orten; und durchaus ist der Ort des Ganzen dasselbe wie die Summe der Orte seiner Theile und folglich innerlich und im Körper als in einem Ganzen«.

»IV. Die absolute Bewegung ist die Uebertragung eines Körpers von einem absoluten Orte nach einem anderen, die relative die Uebertragung von einem relativen Orte nach einem anderen«. Nun folgt das uralte Beispiel von der Bewegung eines Körpers auf einem segelnden Schiffe. Die wahre absolute Bewegung desselben ist von seiner Bewegung zum Schiffe verschieden; sie setzt sich aus drei Bewegungen zusammen, aus der Bewegung der Erde im absoluten Raume, aus der Bewegung des Schiffes zur Erde und aus der Bewegung des Körpers zum Schiffe.

Bis hierher hat Newton seine Ansichten noch wesentlich dogmatisch vorgebracht, ohne sich auf nähere Begründungen einzulassen. Einen Grund hat er weder für das »gleichmäßige Dahinfließen« der absoluten Zeit, noch für die »Unbeweglichkeit« des absoluten Raumes angeführt. Er kommt nun näher auf gewisse empirische Unterschiede zwischen absoluter Zeit, absolutem Raume und absoluter Bewegung einerseits, sowie relativer Zeit, relativem Raume und relativer Bewegung anderseits zu sprechen; und hierbei bringt er für die vorher entwickelten Ansichten auch gewisse recht beachtenswerthe Argumente vor. Es mag mir gestattet sein, die Besprechung dieser Argumente ein wenig aufzuschieben; nicht als ob es hier noch unmöglich wäre, sie der Kritik zu unterwerfen, sondern weil bei unmittelbarer Verfolgung des Newton'schen Gedankenganges die Darstellung an

Durchsichtigkeit verlieren würde. Es wird zweckmäßiger sein vorerst klarzustellen, wie Newton auf den gewonnenen Grundvoraussetzungen nun die Elemente seiner Dynamik aufbaut. Dabei haben wir daran festzuhalten, dass der absolute Raum und die absolute Zeit als objectiv existirend, unserer menschlichen Erfahrung freilich unzugänglich, betrachtet werden; eine Bestimmung, welcher Newton noch mehrfach besonderen Ausdruck gibt, z. B. durch den Satz: »Die Theile jenes unbeweglichen Raumes« (d. h. die absoluten Orte) »sind nicht sinnenfällig« (p. 10).

Soweit nun Newton in seinem Werke nicht ausdrücklich von relativen Bewegungen spricht, will er unter »Bewegung« überall »absolute Bewegung« verstanden wissen. Dementsprechend handeln auch seine Grundgesetze der Bewegungslehre von Bewegungen in Bezug auf den absoluten Raum und die absolute Zeit; und insbesondere gilt dies in aller Strenge von dem ersten derselben, von dem Trägheitsgesetze (p. 12): »Ein jeder Körper verharrt in seinem Zustande der Ruhe oder gleichförmigen geradlinigen Bewegung, sofern er nicht von irgend welchen auf ihn ausgeübten Kräften zur Veränderung jenes Zustandes gezwungen wird«. In einem absolut rotirenden relativen Raume würden die Bahnen sich selbst überlassener Körper nicht geradlinig, sondern krummlinig, und mit Bezug auf eine relative Zeit, wie sie etwa durch eine unregelmäßig periodische Bewegung fixirt wird, würden die absoluten Bewegungen sich selbst überlassener Körper nicht gleichförmig, sondern ungleichförmig sein. Dass dies Newtons Lehre ist, darüber kann kein Zweifel bestehen.

Mit welchem Rechte, so fragen wir nun, behauptet Newton, dass die Bahnen sich selbst überlassener Körper geradlinig sind in Bezug auf den »absoluten Raum«, dessen Theile doch, wie er selber zugibt, nicht wahrgenommen werden können? Uns scheint doch eine solche Behauptung ganz willkürlich und unbegründet zu sein. Newton könnte uns nicht im mindesten widerlegen, wenn wir seiner Behauptung die entgegenstellten, die absoluten Bahnen sich selbst überlassener Körper seien spiralig gekrümmt! Ferner, mit welchem Rechte behauptet Newton, dass mit Bezug auf seine transcendente »absolute Zeit« die Bewegungen der sich selbst überlassenen Körper gleichförmige sind? Wenn wir im Gegentheile behaupten, sie seien ungleichförmig, so hat Newton kein Mittel uns zu widerlegen,

wir stehen genau eben so sicher auf unseren Füßen, als er auf den seinigen. Kurz, in der Newton'schen Auffassung ist das Trägheitsgesetz keine wissenschaftliche Hypothese, sondern ein Dogma; dies ist die Ueberzeugung, zu welcher wir mit Nothwendigkeit gedrängt werden.

Einem Genius, wie Newton, wird man indessen nie gerecht, wenn man versäumt, ihn aus seinen eigenen Gesichtspunkten zu betrachten. Wir werden demnach gut thun, das Newton'sche Dogma womöglich bis zu seinem letzten Ursprunge zu verfolgen; denn vielleicht liegt das specifisch Dogmatische daran weit tiefer, als es von außen den Anschein hat, vielleicht liegt es schon in den allerersten metaphysischen Ansichten, mit welchen Newton überhaupt an die Betrachtung der Natur herantritt.

Diese Vermuthung findet sich aufs beste bestätigt. Newtons Fassung des Trägheitsgesetzes geht ganz folgerichtig aus seiner großen Naturanschauung hervor; erklärt man sich mit derselben einverstanden, so muss man Newton überall hin folgen.

Raum und Zeit sind bei Newton Attribute Gottes, ohne freilich sein Wesen auszumachen. Gott »ist nicht Dauer oder Raum, sondern er dauert und ist anwesend. Er dauert in Ewigkeit und ist allgegenwärtig und durch sein ewiges und allgegenwärtiges Sein schafft er Dauer und Raum, Ewigkeit und Unendlichkeit« (p. 483).[1] Anderwärts, in seiner Optik (1704), bezeichnet bekanntlich Newton in ganz ähnlichem Sinne den Raum als »sensorium Dei«. Dass er hier überall den absoluten Raum und die absolute Zeit meint, ist keine Frage. Gottes Thätigkeit besteht nun wesentlich in einer weisen Gesetzgebung, durch welche die Welt geregelt wird. Und unsere Erkenntniss betrifft seine Gesetze in der Fassung, welche er selbst ihnen verliehen hat. In dieser Fassung aber beziehen sie sich, so weit sie überhaupt mit Raum und Zeit Etwas zu thun haben, auf den göttlichen absoluten Raum und die göttliche absolute Zeit. Und weil Gottes Geist die Natur beherrscht, so gilt von ihr der Satz (p. 357): »Nichts thut die Natur ohne Zweck, und zwecklos geschieht durch Anwendung mehrerer Mittel, was durch wenigere voll-

1) Die Schlussbemerkung des ganzen Werkes, welcher diese Stelle entnommen ist, fehlt der ersten Auflage von 1687 noch.

bracht werden kann«. Insbesondere sind daher die natürlichen Bewegungen in Bezug auf den absoluten Raum und die absolute Zeit immer so einfach, als es unter den gegebenen Bedingungen des Geschehens überhaupt möglich ist.

Die allereinfachste Bedingung, unter welcher ein Körper sich bewegen kann, ist nun wiederum die, dass er von keinem anderen beeinflusst wird. Hier wird also die Einfachheit der natürlichen Bewegung in Bezug auf den absoluten Raum und die absolute Zeit ihr Maximum erreichen. Der sich selbst überlassene Körper wird im absoluten Raume die denkbar einfachste Linie d. h. eine gerade Linie beschreiben, und seine Geschwindigkeit in Bezug auf die absolute Zeit wird, was das Einfachste ist, unverändert bleiben. So ist also die Newton'sche Auffassung des Trägheitsgesetzes Nichts als ein Ausfluss seiner erhabenen Grundanschauung von Gott und Natur. Causale Begründungen des Principes, wie sie später von Euler u. A. versucht worden sind, finden sich bei Newton noch gar nicht. Dass in dem soeben ausgeführten Gedankengange eine Einwirkung Galileis vorliegt, leidet keinen Zweifel; man kann fast sagen, Newton habe Galileis Anschauungsraum der zweckthätigen Natur einfach übernommen und ihm nur eine schärfer ausgeprägte begriffliche Gestalt nebst jener theistischen Färbung verliehen, wie sie seinem streng christlichen Gemüthe am meisten zusagte. Dass der reale immaterielle Raum etwas seinem Wesen nach Göttliches sei, hatte übrigens in ganz ähnlicher Weise schon Henry More gelehrt, und es dürfte nicht allzu gewagt sein anzunehmen, dass er auch hier auf Newton von Einfluss gewesen ist.[1])

---

1) Bekanntlich hat auch Malebranche seinen realen »intelligibelen Raum« in innige Beziehung zur Persönlichkeit Gottes gesetzt. Wenngleich die meisten und wichtigsten Belegstellen hierfür in den erst 1688 erschienenen »Entretiens sur la métaphysique« enthalten sind (Oeuvres, Paris 1871, Tome I. p. 184—188), so fehlt es doch nicht an einzelnen unverkennbaren Andeutungen in anderen Schriften Malebranches, welche noch vor Newtons »Principien« erschienen sind (Oeuvres, Tome II. p. 114, Méditations chrétiennes, 1682). So viel mir scheint, wird es aber eben solche Schwierigkeiten machen, einen Einfluss Malebranches auf Newton sicher nachzuweisen, als ihn mit Bestimmtheit in Abrede zu stellen. Für einen Einfluss könnten allenfalls Malebranches schon in seinen früheren Schriften vorkommende Hinweisungen auf die größtmögliche Simplicität der durch Gottes Willen bedingten natürlichen Bewegungen geltend gemacht werden (Oeuvres, Tome II. p. 52. 60, Méditations chrétiennes, 1682. Tome I. p. 159—162. 257. Entretiens sur

Unstreitig liegt etwas Großes und Erhabenes in der Newton-schen Idee: aber in den Principien der Mechanik hat sie heutzutage keinen Platz mehr. Man erkennt hier das metaphysisch-teleologische Princip der Simplicität — sei es nun in der Galilei'schen oder in der Newton'schen mehr theistischen Fassung — schon längst nicht mehr an; nur ein Abbild davon hat man beibehalten, das methodologische Princip der Simplicität, welches uns die nüchterne Lehre gibt, die Phänomene der Natur unter möglichst vereinfachenden Bedingungen zu betrachten, weil es dann am leichtesten ist, sie zu begreifen. Wir werden also an unserem Zweifel festhalten müssen: woher soll man wissen, dass ein jeder sich selbst überlassene Körper in Bezug auf den transcendenten absoluten Raum und die transcendente absolute Zeit Newtons geradlinig und gleichförmig fortschreitet? Weder die Erfahrung, noch eine Schlussfolgerung aus apriorischen Principien vermag uns davon zu überzeugen.

Es erwächst uns nun aber die Aufgabe auseinander zu setzen, welcher Ausdruck dem Trägheitsgesetze, diesem Grundgesetze aller Dynamik, zu geben sei, nachdem wir den Newton'schen als nicht mehr zeitgemäß verlassen haben. In einer Erkenntniss müssen wir hierbei unbedingt Newton folgen: weder dürfen wir den räumlichen Theil des Gesetzes auf einen festen wahrnehmbaren Körper im Weltall, noch seinen zeitlichen auf irgend eine gegebene Ereignissfolge beziehen. Aber was für ein Bezugssystem, was für eine Vergleichssuccession sollen wir dann zur Anwendung bringen?

Ich habe in einigen früheren Arbeiten[1]) meine Ansichten hierüber ausführlich dargelegt und darf mich hier mit einigen Andeutungen begnügen. Das räumliche Bezugssystem des Beharrungsgesetzes ist in meiner Fassung des letzteren kein transcendent-reales, wie der absolute Raum Newtons, sondern nur ein ideales. Diese Bestimmung für sich würde nun freilich nicht genügen, die so unumgänglich noth-

---

la métaphysique, 1688). Wenn wir übrigens den Ausführungen Malebranches in der Entwickelungsgeschichte des Bewegungsbegriffes keine besondere Stelle zugewiesen haben, so ist der Hauptgrund davon der, dass Malebranche in der Cardinalfrage nach dem Unterschiede zwischen wahrer und scheinbarer Bewegung keinerlei originelle Ansichten zum Ausdrucke gebracht hat.

1) Philosophische Studien, hrsg. v. Wundt, Bd. II. S. 266. 539. Berichte der Kgl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Math.-phys. Classe. 1885. S. 333.

wendige Uebereinstimmung in den Grundvorstellungen aller die Welt Betrachtenden herzustellen. Denn wenn das Bezugssystem ganz und gar keinen Anhalt an der gegebenen materiellen Welt hätte, so würden die hinzugedachten Bezugssysteme verschiedener Beobachter gegen einander im allgemeinen bewegt sein, und es könnte unmöglich für sie alle der räumliche Theil des Gesetzes gelten. Deshalb bedarf es einer Convention, die in der denkbar einfachsten Weise in der Theorie dasselbe oder doch etwas Analoges ausführt, wie es unter den complicirten Beobachtungsbedingungen in der praktischen Wissenschaft thatsächlich zur Anwendung kommt. Dem entsprechend wird das Bezugssystem an eine solche Anzahl sich selbst überlassener Punkte gewissermaßen angelehnt, welche gerade hinreicht, die nothwendige Uebereinstimmung zwischen den Vorstellungen aller die Welt Betrachtenden herzustellen. Es wird definirt als ein solches räumliches System, in Bezug worauf drei sich selbst überlassene materielle Punkte, die gleichzeitig vom selben Raumpunkte projicirt worden sind,[1]) auf drei bestimmten in einem Punkte zusammenlaufenden Geraden dahinschreiten. Bezeichnet wird es kurz als »Inertialsystem«. Fasst man also eine Gruppe sich selbst überlassener Punkte ins Auge, so ist die (von dem Beharrungsgesetze in gewöhnlicher Fassung ihnen zugeschriebene) geradlinige Bewegung für drei aus ihrer Mitte Sache einer bloßen Convention, und erst, nachdem man auf diese Convention eingegangen ist, für die übrigen ein Forschungsergebniss.

Ganz analog dient dem zeitlichen Theil des Gesetzes weder Newtons transcendente »absolute« Zeit, noch eine beliebige (durch irgendwelche natürliche Bewegung definirte) Zeitscala, sondern nur eine solche Zeitscala zur Grundlage, in Bezug worauf ein sich selbst überlassener Punkt in einem Inertialsystem gleichförmig fortschreitet. Eine solche Scala heißt eine »Inertialzeitscala«. Für einen einzelnen Punkt der betrachteten Gruppe sich selbst überlassener Punkte ist also auch die (von dem Beharrungsgesetze in gewöhnlicher Fassung diesen zugeschriebene) gleichförmige Bewegung Sache einer bloßen Convention; und erst nach Annahme der letzteren erscheint sie als Forschungsergebniss für die übrigen.

1) Diese Punkte dürfen aber nicht in einer Geraden liegen.

Weiterhin mag noch kurz daran erinnert werden, dass es nicht bloß eines, sondern unzählige gegen einander ohne Drehung geradlinig und rücksichtlich einer Inertialzeitscala gleichförmig bewegte Inertialsysteme gibt. Einen materiellen Punkt habe ich im Anschluss an diese Erkenntniss »inertiell-ruhig« genannt, sofern er in Bezug auf eines — gleichviel welches — dieser Inertialsysteme nicht bewegt war; dagegen »inertiell-gedreht«, sofern er sich in Bezug auf ein beliebiges Inertialsystem krummlinig bewegte. Wegen der näheren Begründung dieser und der vorhergehenden Auseinandersetzungen darf ich auf die citirten Arbeiten zurückverweisen, welche kurz gesagt den Zweck verfolgten, dem Beharrungsgesetze im Gegensatze zu seiner gewöhnlichen Gestalt die Form einer partiellen Convention zu geben. Von der hier kurz recapitulirten neuen Nomenclatur werde ich der Kürze halber im Folgenden noch öfters Gebrauch machen.[1])

Zu dem modernen Gedanken, das Beharrungsgesetz als partielle Convention zu formuliren, steht, wie kaum gesagt zu werden braucht, Newtons Lehre in schroffem Gegensatz. Dogmatisch stellt er die Begriffe des transcendent-realen absoluten Raumes und der transcendent-realen absoluten Zeit auf und dogmatisch bezieht er auf den absoluten Raum und die absolute Zeit das Gesetz der Trägheit.

Sehen wir nun zu, wie Newton die übrigen hier für uns wichtigen Principien seiner Kosmodynamik entwickelt. Das Gesetz der Wechselwirkung, wonach der Wirkung eines Körpers auf einen zweiten stets eine ganz gleiche Wirkung des zweiten auf den ersten entspricht, formulirt Newton sowohl für die intensive Wirkung der

---

1) Die obige systematische Auseinandersetzung bildet eine längere Unterbrechung der reinen historisch-kritischen Darstellung und könnte demnach statt an dieser Stelle eher beim systematischen Abschlusse dieser Abhandlung erwartet werden. Zwei Gründe haben mich bewogen, sie dennoch hier nicht länger hinauszuschieben. Einestheils schien mir kein Augenblick geeigneter, die neuen Ansichten zur Geltung zu bringen, als der, wo die Schwächen der alten (und noch heutigen Tags nicht ganz verlassenen) Lehre soeben an den Tag gekommen sind und in frischestem Angedenken stehen. Sodann aber erkannte ich in der neuen Nomenclatur ein höchst willkommenes Mittel, um zahlreiche fernere Auseinandersetzungen kritischer Natur, die sonst mitunter fast unerträglich weitläufig ausgefallen wären, mit wenigen Worten abzumachen. Jedenfalls hält es nicht schwer, sich zu überzeugen, dass jede im Folgenden geübte Kritik nicht im mindesten ihrem Inhalte, sondern einzig und allein ihrer Form nach durch den obigen systematischen Excurs bedingt ist.

Kraft, d. h. den gegenseitigen Druck oder Zug der Körper, als auch für die in der Mechanik viel wichtigere extensive Wirkung der Kraft (pag. 13). Als Corollarium dieses Gesetzes spricht er dann den Satz von der Erhaltung des Massenmittelpunktes aus, welcher ja auch Nichts ist als eine Vereinigung des Trägheitsgesetzes mit dem Gesetze der Wechselwirkung (pag. 17). Auch hier, wie bei dem Beharrungsgesetze selbst, bezieht Newton die Bewegung nicht auf einen beliebigen relativen, sondern auf seinen absoluten Raum; und wir sind wiederum berechtigt zu fragen, woher man Etwas über die Bewegung zu diesem transcendenten Gespenste wissen soll. Jede Unklarheit verschwindet aber, wenn wir das Gesetz der Wechselwirkung, oder sagen wir gleich das Gesetz von der Erhaltung des Massenmittelpunktes, mit Rücksicht auf unser conventionelles Inertialsystem und unsere conventionelle Inertialzeitscala, nämlich einfach in der Form aussprechen: »Der Massenmittelpunkt eines sich selbst überlassenen materiellen Systemes ist inertiell-ruhig, wie jeder einzelne sich selbst überlassene Punkt«. Und was die hier vorausgesetzte Messung der Masse anlangt, so kann man dieselbe gerade ebenso definiren, wie wir dies früherhin[1] andeutungsweise auseinandergesetzt haben, vermittelst des methodologischen »Principes der particularen Determination«.[2]

Ferner setzt Newton auseinander (pag. 18), wie ein im absoluten Raume (und mit Bezug auf die absolute Zeit) geradlinig, gleichförmig und ohne Drehung fortschreitender relativer Raum dynamisch mit einem absolut ruhenden relativen Raume äquivalent ist. Er bringt also hier in Form eines besonderen Lehrsatzes dieselbe Erkenntniss zum Ausdrucke, welche passender unmittelbar mit der Fassung des Trägheitsgesetzes verschmolzen und in den Satz gefasst wird, dass es unendlich viele geradlinig gleichförmig (nach Inertialzeitmaß) und ohne Drehung gegen einander bewegte Inertialsysteme gibt (s. o.).

1) Philos. Studien Bd. II. S. 277.

2) Newtons Versuch, das Gesetz der Wechselwirkung bei Attractionen auf das Beharrungsgesetz zurückzuführen (p. 22), leidet an dem Mangel, dass er einen Ausspruch des Trägheitsgesetzes für ganze Körper, für materielle Systeme, voraussetzt. Seit Euler zieht man in den Principien mit gutem Grunde nur einzelne materielle Punkte in Betracht. Auch sonst ist die Deduction Newtons keineswegs einwurfsfrei, doch muss ich mir hier versagen darauf einzugehen.

Von der größten Wichtigkeit ist es nun schließlich, sich zu vergegenwärtigen, wie Newton die vorher entwickelten Lehrsätze seiner reinen Dynamik auf das Problem des Weltsystemes anwendet. Er beruft sich hier auf die, wie er meint, von Niemand bezweifelte hypothetische Annahme, wonach das Centrum der Welt ruht, d. h. in seiner Ausdrucksweise absolut ruht. Nun weist er darauf hin, wie nach dem Satze von der Erhaltung des Massenmittelpunktes der gemeinsame Schwerpunkt des (so gut wie unbeeinflussten) Sonnensystemes jedenfalls im absoluten Raume entweder ruhe oder geradlinig und mit Bezug auf die absolute Zeit gleichförmig fortschreite: während für die einzelnen Centren der Sonne oder der Planeten zufolge seiner kosmodynamischen Entwickelungen die Möglichkeit einer absoluten Ruhe ganz ausgeschlossen sei. Es bleibe also Nichts weiter übrig, als den — von der Sonne immer nur unbeträchtlich abweichenden — Schwerpunkt des Sonnensystemes für das ruhende Centrum der Welt zu halten.[1]) Dass die Hypothese von der Ruhe des Weltcentrums im absoluten Raume, selbst als Hypothese, allzusehr der Begründung entbehrt, wird heutigen Tags Niemand bestreiten. Newton selber führt zu ihren Gunsten keine weiteren Gründe an, als den »consensus omnium« (pag. 373). Er bedenkt aber hier nicht, dass sein Begriff des absoluten Raumes, so wie er an dieser Stelle vorausgesetzt wird, ein ganz neu von ihm eingeführter ist. Wenn man vor ihm seit Aristoteles das Weltcentrum als »ruhig« betrachtete, so geschah dies darum, weil dem Weltganzen als solchem kein relativer Ort zukommt. Aber Newton redet hier nicht von relativen, sondern von absoluten Orten und durfte sich deshalb auf nichts weniger als den »consensus omnium« berufen. Das Einzige, was wir gegenwärtig von diesen Aufstellungen Newtons noch anerkennen können, ist dieses, dass der Schwerpunkt des (wesentlich unbeeinflussten) Sonnensystemes inertiell-ruhig, d. h. in einem gewissen Inertialsysteme ruhig ist. Dieses System aber legen wir conventionell unseren Betrachtungen der Planetenbewegungen zu Grunde und nennen es das »heliocentrische Inertialsystem«.

Nachdem Newton die absolute Ruhe des gemeinsamen Schwerpunktes der Sonne und der Planeten erwiesen zu haben glaubt, zieht

---

1) Herschels Entdeckung der sogenannten Translation der Sonne fällt ins Jahr 1783.

er aus dieser Erkenntniss weitere Schlüsse. Die absoluten Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. Die Aphelien und Knotenpunkte dieser Bahnen sind aber fest im absoluten Raume. Das Alles folgt unter der gemachten Annahme streng aus den dynamischen Principien, wäre aber bemerkenswerther Weise völlig sinnlos, falls das Centrum des Sonnensystemes doch eine geradlinige gleichförmige absolute Bewegung besäße. Endlich schließt Newton aus der unveränderten Lage der Fixsterne gegen die Aphelien und Knotenpunkte der Planetenbahnen, dass die Fixsterne im absoluten Raume ruhen. Dies ist uns einigermaßen wichtig, weil wir uns daraus mit voller Sicherheit überzeugen, dass Newton die Bezugnahme der astronomischen Beobachtungen auf die Fixsternsphäre nur für secundär und zufällig richtig, keineswegs aber für primäre Convention hält. Er bezieht das Gesetz der Trägheit nicht auf das Firmament, sondern auf den absoluten Raum, und schließt erst aus Rechnungen und Beobachtungen, dass die einzelnen Sterne des Firmamentes im absoluten Raume ruhig seien.[1]) In all diesen Erwägungen aber ist nicht eine Spur von Unklarheit mehr vorhanden, sobald wir überall an Stelle des gespenstigen absoluten Raumes das heliocentrische Inertialsystem, an Stelle der absoluten Zeit eine Inertialzeitscala einführen.

Wenden wir uns nun zurück zu dem Scholium am Schlusse der einleitenden Definitionen des Werkes. Wir waren an dem Punkte stehen geblieben, wo Newton sich anschickt, die Unterschiede zwischen absoluter und relativer Zeit, zwischen absolutem und relativem Raume, endlich zwischen absoluter und relativer Bewegung festzustellen. Seine eigentliche Absicht ist hier, einen vorläufigen Begriff davon zu geben, wie es bei gegebenen Bewegungsphänomenen auf Grund des empirischen Materiales möglich sei, den Werth der wahren absoluten Bewegungen mit einer gewissen Sicherheit zu ermitteln. Indem wir dies bedenken, drängt sich uns eine wohlberechtigte Frage auf: wie können die absoluten Bewegungen, wenn auch nur bis zu einem gewissen Grade, Gegenstand der Erfahrung werden, während es der absolute Raum nicht ist, worauf sie sich beziehen? Das erscheint

---

1) Die Entdeckung der Fixsterneigenbewegungen durch Bradley fällt ins Jahr 1718.

doch bei Lichte betrachtet ganz unmöglich! Nun, wir werden alsbald sehen, auf welche einfache Weise sich dieses merkwürdige Paradoxon auflöst.

Newton beschäftigt sich zunächst mit den Unterschieden zwischen der absoluten und der relativen Zeit (pag. 7):

»Die absolute Zeit unterscheidet sich in der Astronomie von der relativen durch die Gleichung[1]) der gemeinen Zeit. Die natürlichen Tage nämlich, welche für gewöhnlich zu Zeitmessungen als gleich lang herangezogen werden, sind ungleich lang. Diese Ungleichheit verbessern die Astronomen, um nach richtigerer Zeit die himmlischen Bewegungen zu messen. Möglicher Weise gibt es gar keine gleichmäßige Bewegung, wodurch die Zeit genau gemessen würde. Alle Bewegungen können schneller und langsamer werden, aber der Fluss der absoluten Zeit ist unveränderlich. Die Dauer oder Beharrlichkeit der Existenz aller Dinge ist eine und dieselbe, mögen nun die Bewegungen schneller, langsamer oder verschwindend sein: deswegen wird jene mit Recht von ihren sinnenfälligen Maßen unterschieden und aus denselben nur erschlossen vermittelst der astronomischen Gleichung. Die Nothwendigkeit dieser Gleichung zur Bestimmung der Phänomene wird aber sowohl durch die Beobachtung der Pendeluhr, als auch durch die Verfinsterungen der Jupitersmonde unumstößlich dargethan«.

Woher weiß aber Newton, dass die Schwingungen des Uhrpendels, nach absoluter Zeit gemessen, isochron sind, und woher nimmt er die Ueberzeugung, dass die Revolutionen der Jupitersmonde ihn nicht über den Verlauf der absoluten Zeit trügen? Nun, die Antwort auf die erste Frage ist sehr einfach. Die Schwingungen des Pendels sind (bei constanter Schwerkraft) nachweislich absolut isochron, wenn der sich selbst überlassene Punkt (im absoluten Raume) mit Bezug auf die absolute Zeit gleichförmig fortschreitet. Die letztere Annahme hat aber Newton zum Dogma erhoben. Ganz ähnlich steht es offenbar mit der Antwort auf die zweite Frage. Wir, die wir Newtons Dogma

1) »Gleichung« heißt bei den Astronomen die Differenz zwischen der »wahren« und der aus einer gegebenen Bewegung (der Sonne am Himmel) unmittelbar (ohne Correction) erschlossenen Zeit. Ihre Kenntniss dient zur gegenseitigen Reduction der Zeitscalen auf einander.

nicht gelten lassen, können von unserem Standpunkte aus die ganze obige Auseinandersetzung nicht anerkennen. Auch müssen wir fragen, mit welchem Rechte jene Anwendungen complicirter dynamischer Lehrsätze der systematischen Entwickelung derselben aus den einfachen Principien vorangestellt werden. Ein solches Verfahren lässt sich im vorliegenden Falle wohl aus der Schwierigkeit der Sache erklären, aber in keinerlei Weise rechtfertigen: es ist auch gar nicht nach Newtons sonstiger Art. Die absolute Isochronie der Pendelschwingungen als unmittelbaren Ausfluss aus dem Satze vom zureichenden Grunde zu betrachten, dieser Gedanke hat Newton zweifellos ganz fern gelegen, er würde ihn sonst wohl zum Ausdrucke gebracht haben. Solche Versuche treten auch erst viel später auf, wenigstens bei Physikern.

Nach seinen Betrachtungen über die Zeit wendet sich nun Newton zu dem Raume (pag. 7):

»Wie die Anordnung der Zeittheile ist auch die Anordnung der Raumtheile unveränderlich. Gesetzt, sie würden von ihren Orten bewegt, so würden sie (sozusagen) von sich selbst hinwegbewegt. Denn die Zeiten und die Räume sind gewissermaßen Orte ihrer selbst und aller Dinge, in der Zeit ist Alles nach der Ordnung der Aufeinanderfolge, im Raume nach der Ordnung der Lage an seinen Ort gestellt. Zu ihrem Wesen gehört es, Orte zu sein: und absurd wäre es, die ursprünglichen Orte bewegt sein zu lassen.[1]) Diese also sind absolute Orte; und nur die Uebertragungen von diesen Orten sind absolute Bewegungen«.

»Da nun aber diese Theile des Raumes nicht gesehen und durch unsere Sinne von einander unterschieden werden können, so wenden wir an ihrer Stelle ihre sinnenfälligen Maße an. Denn aus den Stellungen und Abständen der Dinge von irgend einem Körper, welchen wir als unbeweglich betrachten, nehmen wir ihre Orte insgesammt ab; und alsdann ermessen wir auch alle Bewegungen mit Rücksicht

---

1) Aristoteles hatte auf die Unbeweglichkeit des Ortes daraus geschlossen, dass wir den Ort (oft nur momentan) als unbeweglich betrachten, d. h. gewissermaßen unserm Anschauungsraume als unbeweglich einverleiben. In diesem Ontologismus sind ihm noch manche neuere Philosophen unbedingt gefolgt, z. B. Hobbes (De corpore, Cap. VIII. 5). Newton, wie man sieht, nur bedingungsweise.

auf die vorgenannten Orte, insofern als wir die Körper von ihnen hinwegversetzt sehen. So bedienen wir uns an Stelle der absoluten Orte und Bewegungen der relativen, was auch in menschlichen Angelegenheiten nicht unangemessen ist: aber in Sachen der Philosophie muss man von seinen Sinnen abstrahiren. Denn möglicher Weise gibt es keinen wirklich ruhenden Körper, worauf Orte und Bewegungen zu beziehen wären«.

Zur Kritik dieser Betrachtungen habe ich nichts Neues hinzuzufügen: sie enthalten keine Argumente für die vorgetragene Lehre. Newton selber gibt übrigens halb und halb zu, dass man mit den »absoluten Orten« Nichts anfangen könne. Nun aber kommen wir zu dem Kerne der ganzen Lehre, zu den Auseinandersetzungen über die Unterschiede zwischen absoluter und relativer Bewegung. Absolute Ruhe und Bewegung unterscheiden sich nach Newton von der relativen Ruhe und Bewegung durch ihre Eigenthümlichkeiten, durch ihre Ursachen, und endlich durch ihre Wirkungen.

Alles, was Newton über die in den Eigenthümlichkeiten gelegenen Unterschiede sagt, ist dogmatisch und enthält seinen vorhergegangenen Auseinandersetzungen gegenüber nicht einmal wesentlich Neues. Gründe sind auch hier noch nicht anzutreffen; und im allgemeinen bemerkenswerth ist nur die Aehnlichkeit zwischen der hier gegen Descartes geübten berechtigten Polemik und derjenigen, welche bei Henry More anzutreffen war. Zur allgemeinen Charakterisirung hebe ich nur einige Sätze heraus: »Eine Eigenthümlichkeit der (absoluten) Ruhe ist es, dass wirklich ruhende Körper auch unter einander ruhen« (pag. 7). »Eine Eigenthümlichkeit der (absoluten) Bewegung ist es, dass die Theile, welche ihre gegebenen Stellungen zum Ganzen bewahren, an den Bewegungen dieses Ganzen theilnehmen« (pag. 8). Gegen Descartes: »Wenn die Schale bewegt wird, so bewegt sich auch der Kern als Theil des Ganzen, ohne dabei aus der Nachbarschaft der Schale übertragen zu werden«. »Unbewegt sind aber die Orte nur soweit, als sie sämmtlich von Ewigkeit zu Ewigkeit ihre gegebenen gegenseitigen Stellungen beibehalten; sie bleiben durchaus immer unbewegt, und bilden zusammen den Raum, welchen ich unbeweglich nenne«.

Nun geht Newton zu denjenigen Unterschieden über, welche durch die Ursachen bedingt sind:

»Die Ursachen, wodurch sich die wahren und die bloß relativen Bewegungen von einander unterscheiden, sind die Kräfte, welche auf die Körper ausgeübt werden und ihre Bewegung erzeugen. Eine wahre Bewegung wird nur erzeugt oder verändert durch solche Kräfte, welche auf den bewegten Körper selbst ausgeübt werden: die bloß relative Bewegung kann hingegen erzeugt oder verändert werden, ohne dass auf den Körper selbst Kräfte ausgeübt werden. Dazu reicht es nämlich hin, dass nur die anderen zur Bezugnahme dienenden Körper beeinflusst werden, dermaßen, dass sie vom Flecke weichen und jene Relation verändert wird, worin die relative Ruhe oder Bewegung dieses Körpers selbst besteht. Hinwiederum wird die wahre Bewegung von irgend welchen auf den bewegten Körper ausgeübten Kräften immer verändert; dagegen braucht die bloß relative Bewegung von diesen Kräften nicht verändert zu werden. Wenn nämlich dieselben Kräfte auch auf die anderen zur Bezugnahme dienenden Körper dermaßen ausgeübt werden, dass die relative Lage erhalten bleibt, so wird auch die Relation erhalten bleiben, worin die relative Bewegung besteht. Es kann also eine jegliche relative Bewegung verändert werden, wo die wirkliche erhalten bleibt, und erhalten bleiben, wo die wirkliche verändert wird; und eben darum besteht die wirkliche Bewegung keinewegs in derartigen Relationen«.

Diese Stelle enthält offenbar implicite bereits den ganzen dogmatischen Gehalt des Newton'schen Trägheitsgesetzes, welches erst mehrere Seiten später wirklich ausgesprochen wird. Wer nicht mit Newton dies Gesetz auf den transcendent-realen absoluten Raum und die transcendent-reale absolute Zeit bezieht, der muss den vorgebrachten Argumenten alle Beweiskraft absprechen. Man kann übrigens von vornherein, ohne sich noch diese Consequenz klar gemacht zu haben, gegen Newtons Ueberlegung einen sehr gewichtigen Einwand erheben. Newton betrachtet, wie er des öfteren deutlich zu erkennen gibt, die Kräfte nicht als »qualitates occultae« der Körper; alle Aussagen, welche er über irgend welche in der Natur wirksamen Kräfte macht, sind deshalb im Grunde Nichts als vereinfachte Aussagen über wahrgenommene Bewegungen; diese letzteren aber sind relativ. Wie kann man nun glauben, der Kraftbegriff lasse sich wiederum rückwärts anwenden, um Aufklärung über die absoluten Bewegungen zu erhalten? Man muss, um dazu im Stande zu sein,

bereits das Dogma des Newton'schen Trägheitsgesetzes anerkannt haben!

Die scharfsinnigsten und originellsten Erörterungen Newtons über die Bewegung finden sich nun aber in seiner Betrachtung derjenigen Merkmale der absoluten Bewegung, welche in ihren empirischen Wirkungen gelegen sind (pag. 9):

»Die Wirkungen, wodurch sich absolute und bloß relative Bewegungen von einander unterscheiden, bestehen in den Fliehkräften von der Achse einer Kreisbewegung. Denn bei der bloß relativen Kreisbewegung sind solche Kräfte nicht vorhanden, bei der wahren und absoluten aber je nach der Bewegungsgröße größer oder kleiner. Es hänge z. B. ein Eimer an einem langen Faden und werde fortwährend im Kreise gedreht, so lange, bis der Faden von der Zusammendrehung recht steif wird; nun fülle man ihn mit Wasser, und lasse ihn zusammen damit vorerst ruhen; alsdann empfange er durch irgend eine plötzliche Kraft eine entgegengesetzte Kreisbewegung und werde durch die Wiederaufdrehung des Fadens auf längere Zeit in dieser Bewegung erhalten. Im Anfange wird die Wasserfläche eben sein, wie vor der Bewegung des Eimers: nachdem aber der Eimer allmählich seine Kraft auf das Wasser übertragen und so bewirkt hat, dass auch dieses merklich sich umzudrehen beginnt, so wird dasselbe nach und nach von der Mitte weichen und an den Wänden des Gefäßes emporsteigend eine concave Gestalt annehmen (ein Versuch, welchen ich selber angestellt habe); und je rascher die Bewegung wird, desto höher wird es emporsteigen, bis es sich gleich schnell mit dem Gefäße umdreht und folglich relativ zu demselben ruht. Dieses Steigen zeigt ein Bestreben an von der Bewegungsachse zu fliehen, und durch ein derartiges Streben wird die wahre und absolute Kreisbewegung des Wassers erkannt und gemessen, welche hier seiner relativen Bewegung völlig entgegengesetzt ist.[1]) Anfangs, wo die relative Bewegung des Wassers zum Gefäße am größten war, rief sie gar keinen Centrifugaltrieb hervor: das Wasser strebte nicht nach dem Umfange hin und stieg nicht an den Gefäßwänden empor, sondern es blieb

1) Newton meint hier zunächst die relative Bewegung im Sinne Descartes', und wenn er dabei bliebe, hätte er unbedingt Recht mit seiner Polemik. Er dehnt aber seine Vorwürfe unrechtmäßiger Weise auf eine geläuterte Auffassung der Bewegung aus.

eben, und folglich hatte seine wirkliche Kreisbewegung noch nicht begonnen. Nachher aber, als doch gerade die relative Bewegung des Wassers abnahm, zeigte sein Emporsteigen an den Gefäßwänden einen Centrifugaltrieb an; und dieser Trieb wies hin auf seine wirkliche und immerfort wachsende Kreisbewegung, welche endlich gerade da am größten geworden war, als das Wasser relativ zum Gefäße sich in Ruhe befand. Jener Trieb hängt also nicht ab von der Uebertragung des Wassers in Bezug auf die umgebenden Körper, [1] und mithin lässt sich die wirkliche Kreisbewegung nicht durch derartige Uebertragungen definiren. Ein jeder sich umdrehende Körper hat nur eine einzige wirkliche Kreisbewegung, welche nur einem einzigen gewissermaßen eigenen und gleichwerthigen (adaequato) Effecte entspricht: relativer Bewegungen hingegen gibt es zahllose je nach den verschiedenen äußeren Relationen; und ganz nach Art der Relationen haben sie überhaupt keine wirklichen Effecte, sofern sie nicht an jener wahren und einzigen Bewegung einen Antheil haben«.

Die hierin liegenden Einwände sind durchaus gerechtfertigt gegenüber der einseitigen Lehre Descartes', welcher das Gesetz der Trägheit zweifellos auf den »motus ex rei veritate consideratus« bezogen wissen wollte. Sie sind aber auch gerichtet gegen die minder einseitige Lehre, wonach der Bewegungsbegriff eine Relation auf beliebige Entfernung einschließt oder wenigstens nicht die Annahme eines transcendent-realen absoluten Raumes voraussetzt; und insofern erfordern sie eine besondere Erwägung. Man muss gestehen, dass auch in dieser Richtung auf den ersten Blick Newtons Ueberlegungen viel Ueberzeugendes zu enthalten scheinen. Aber fassen wir sie noch einmal ins Auge. Schälen wir die dogmatische Schale ab, so bleibt als logischer Kern im wesentlichen die folgende Schlusskette übrig:

1) Die Vertiefung des Wasserspiegels ist bedingt durch die Kreisbewegung des Wassers.
2) Nun ist sie aber gerade dann am kleinsten, wenn die relative Kreisbewegung des Wassers zum Eimer am größten ist, und sie erreicht gerade dann ihr Maximum, wenn die Relativbewegung ihr Minimum erreicht.

---

1) Vgl. die Bemerkung auf voriger Seite.

3) Folglich ist die Relativbewegung des Wassers zum Eimer nicht seine wirkliche Bewegung, sondern nur ein Schein.
4) Wenngleich es nun in dem angenommenen Falle zu keinerlei Widersprüchen führen würde, die Lage des Wassers auf die Erde zu beziehen, so sind doch immerhin Fälle möglich, wo sich bei jeder äußeren Relation solche Widersprüche einstellen würden.
5) Wir sind also genöthigt, die relative Lagenänderung nicht als das Wesentliche, sondern nur als äußeren Erfolg der Bewegung anzusehen, welche sich ihrem Wesen nach auf den transcendent-realen absoluten Raum bezieht.

Wenn wir aber weder für Newton's Ansicht vom absoluten Raume und der absoluten Bewegung voreingenommen sind, noch auch uns von dem verhängnissvollen geocentrischen trivialen Bewegungsbegriffe betrügen lassen — der ja in wissenschaftlichen Angelegenheiten überall als nicht maßgeblich zu betrachten ist — so werden wir bereits vor dem ersten Schritte dieses Gedankenganges stutzig werden. Wir werden sofort die Gegenfrage stellen: Durch die Kreisbewegung des Wassers? Durch welche denn? Denn wir schreiben dem Wasser nicht schlechthin eine bestimmte Bewegung zu, wie derjenige, welcher von vornherein bereits den Begriff der absoluten Bewegung oder gar unbewusster Weise den trivialen Bewegungsbegriff im Sinne hat, beides gleich unerlaubt in der Wissenschaft. Eine bestimmte Bewegung hat eben nach unserer Ueberzeugung das Wasser nur in Bezug auf ein bestimmtes wahrnehmbares oder gedachtes Bezugssystem, und jede andere Annahme wäre als Grundlage der in Newtons Gedankengang verwobenen Beweisführung eine offenkundige petitio principii. Demnach werden wir auch nicht genöthigt sein, den zweiten Schritt zu thun und schließlich zuzugeben, dass die Relativbewegung des Wassers zum Eimer eine nur scheinbare sei; wir werden sie als Bewegung für genau ebenso wirklich halten dürfen, wie eine jede andere. Das einzige Zugeständniss, welches wir machen müssen, ist dieses, dass nicht die Bewegung des Wassers zum Eimer, sondern diejenige zum geocentrischen Coordinatensysteme (mit hinreichender Genauigkeit) eine »Inertialdrehung« ist. Die anschauliche Vorstellung des conventionellen Inertialsystemes genügt immer zur Erklärung

der Phänomene, wenngleich die Relation auf irgendwelche gegebene Materie diesem Zwecke nicht dienlich sein sollte. Niemals haben wir nöthig, auf einen objectiven realen aber transcendenten absoluten Raum zurückzugeben: ein Verfahren, welches übrigens zur Befriedigung unseres Erkenntnissbedürfnisses auch höchst wenig beitragen würde. Das Resultat unserer Prüfung ist also dieses: für denjenigen, welcher nicht bereits ein Vorurtheil für Newtons Ansicht hat, ist die ganze obige Schlusskette nicht bindend; der Newtonianer aber braucht sie gar nicht. Dass es ihr gleichwohl auf den ersten Blick nicht an Bündigkeit zu fehlen scheint, daran ist der triviale Bewegungsbegriff Schuld, welcher unerkannt, aber von der Lebenspraxis beständig gepflegt, neben dem wissenschaftlichen einhergeht und uns zu dem Vorurtheile verleitet, als habe jedes Ding nur eine Bewegung.

So also und nicht anders verhält es sich mit dem logischen Kerne der Newton'schen Ueberlegung. Von der dogmatischen Schale ist nur das Eine zu sagen, dass sie das Dogma des auf den absoluten transcendenten Raum bezogenen Trägheitsgesetzes wiederholt. Wenn das Gesetz mit Bezug auf den »absoluten Raum« gilt, so sind die »Fliehkräfte von der Achse der Kreisbewegung« eine nothwendige Folge und ein wesentliches Merkmal der absoluten Kreisbewegung. Hätte Newton den Ausspruch des Trägheitsgesetzes seiner obigen Betrachtung vorangestellt,[1] und zwar mit deutlicher Hervorhebung der Bezugnahme auf den »absoluten Raum«, so wäre jene Betrachtung dadurch schlechterdings überflüssig geworden.

Hier haben wir denn auch die Lösung des Paradoxons, wovon oben die Rede war. Wenn nicht Newton dogmatisch seinem absoluten Raume die Eigenschaft eines Inertialsystemes beigelegt hätte, so würde über die Bewegung zu ihm von Newtons eigenem Standpunkte aus empirisch Nichts festzustellen sein. Man kann sich nicht wundern, an einem »transcendenten« Objecte etwas Empirisches wieder zu finden, wenn man selber es vorher, wiewohl in etwas anderer Gestalt, künstlich hineinverlegt hat. Nur daraus, dass Newton seinen

1) Andeutungen des Principes finden sich in den vorangegangenen Definitionen III und IV des Werkes. Dass dies nicht zum Vortheile der Systematik ist, haben bereits Andere, zum Theil schon seit langem, hervorgehoben.

transcendenten absoluten Raum mit jener der Empirie zugänglichen Eigenschaft ausstattete, ist es überhaupt erklärlich, dass der Begriff der absoluten Bewegung auf so lange Zeit in die Wissenschaft übergehen konnte. Andernfalls würde er, wie ein Hirngespinnst ohne jegliche Anwendbarkeit auf gegebene Fälle, alsbald wieder daraus verschwunden sein. So aber bleibt an dem Begriffe der absoluten Bewegung doch immerhin ein werthvoller Kern, bestehend in demjenigen, was er mit dem Begriffe der Inertialdrehung gemein hat.

Lassen wir die gänzlich unbegründete Hypothese von der absoluten Ruhe des Weltcentrums fallen, so ist nach Newtons Regeln gar nicht zu entscheiden, ob ein Körper sich im absoluten Raume geradlinig-gleichförmig bewegt oder ruht. Wenn es bei Newton heißt (s. o. S. 398): »Wirklich ruhende Körper ruhen auch untereinander«, so können doch zwei »inertiell-ruhige« Körper sehr wohl geradlinig-gleichförmig gegeneinander bewegt sein (Philos. Stud. Bd II. S. 280), und Newton hat kein dynamisches Mittel, um etwa nachzuweisen, dass der eine davon ruht, während der andere bewegt ist, und nicht umgekehrt. Er könnte gegen das verbesserte (d. h. von der Forderung der Contiguität befreite) Cartesianische Reciprocitätsgesetz für diesen Fall keinen einzigen dynamischen Einwand erheben. Newtons Nachfolger haben darum zum Theil auch die Reciprocität der geradlinigen gleichförmigen Bewegung zugestanden.

Newton fügt seinem Beispiele vom Wassereimer noch ein zweites ähnliches bei, welches in gleicher Weise dazu dienen soll, seine Lehre zu erhärten. Mit einigen Worten mag auch noch hierauf eingegangen werden. Er hat soeben selber auf das Missliche hingewiesen, welches darin liegt, über die Bewegung zum absoluten Raume etwas aussagen zu wollen, und fährt nun fort: »Gleichwohl ist die Sache nicht gänzlich hoffnungslos«. Nach einer allgemeinen (nichts Neues bietenden) Erörterung über das »wie so« denkt er sich sodann beispielshalber zwei Kugeln durch einen Faden verbunden und in den leeren Raum versetzt, so dass eine Relation auf wahrnehmbare Dinge nicht möglich ist. Nun führt er aus, wie man aus der Fadenspannung auf eine Bewegung der Kugeln um ihren gemeinsamen Schwerpunkt zu schließen habe und wie man experimentell (mittels eines Dynamometers) sogar die Größe und Richtung dieser Bewegung festzustellen im Stande sei.

Und dies, ohne im geringsten auf wahrnehmbare Körper Rücksicht zu nehmen. Die fragliche Bewegung müsse folglich auf seinen absoluten Raum bezogen werden. Aber so steht die Sache denn doch nicht! Zur Befriedigung unseres Erkenntnissbedürfnisses genügt es durchaus, als ideale Convention das Inertialsystem einzuführen und hierauf die Bewegungen der Kugeln zu beziehen. Nicht im mindesten gefördert werden wir durch die Annahme eines real-existirenden immateriellen Coordinatensystemes.

Aehnlich steht es mit einer Betrachtung, welche zwar nicht von Newton selber angestellt worden ist, für die »absolute Zeit« aber ganz dasselbe leisten würde wie die letzte Betrachtung Newtons für den »absoluten Raum«. Wir nehmen für den Augenblick an, das geocentrische System sei ein genaues Inertialsystem, und Schwerkraft und Luftwiderstand seien aufgehoben. Nun denken wir uns etwa die beiden verbundenen Kugeln Newtons über der Erde ohne Rotation schwebend. Wir ergreifen die eine von ihnen und ziehen sie mit beschleunigter Bewegung beständig in Richtung des Fadens so, dass die andere ihr folgen muss. Die Folge davon wird eine Spannung des Fadens sein. Alles zeitliche Werden, Vergehen und Geschehen in der Welt stehe während dessen still, d. h. die Zeit sei vollkommen leer. So können wir dennoch aus der Fadenspannung auf eine beschleunigte Bewegung der Kugeln schließen, ja die Beschleunigung sogar für jeden Augenblick an einem angebrachten Dynamometer ablesen. Da hierbei jede Relation auf äußeres Geschehen ausgeschlossen ist, so müssen wir — könnte Newton gefolgert haben — eine schlechthin gleichförmig dahinfließende reale »absolute Zeit« zur Relation heranziehen. Aber hier werden wir wieder einwenden: die Annahme einer real existirenden transcendenten Zeit kann uns Nichts helfen, dagegen genügt es vollkommen, die ideale Convention der Inertialzeitscala einzuführen und hierauf die Bewegung der Kugeln zu beziehen.

Wenn Newton im Anfange aller seiner Auseinandersetzungen (s. o. S. 385) über Raum, Zeit und Bewegung sagt, aus der empirischen Auffassung dieser Größen entständen gewisse Vorurtheile, so meint er damit bloß das Vorurtheil, als seien geometrisch identische Bewegungen auch dynamisch äquivalent. Durch die Unterscheidung zwischen bloßer Bewegung und Inertialdrehung wird dem

Unterschiede von Phoronomie und Dynamik genügend Rechnung getragen und jedes Vorurtheil unmöglich gemacht.

Gegenüber der Cartesianischen Formulirung des Bewegungsbegriffes liegt ein großes, gar nicht genug zu schätzendes Verdienst der Newton'schen darin, dass sie die in der Dynamik so folgenreiche Einheit des Bezugssystemes zum Principe erhoben hat, worin Galilei als Newtons Vorgänger zu betrachten ist. In seinen Anwendungen trägt Newtons Begriff der wirklichen Bewegung als ihm wesentlich ein specifisch dynamisches Gepräge. In wie weit dasselbe zu Rechte besteht, d. h. in wie weit — um es kurz zu sagen — man Recht hat, nur dynamisch charakterisirte Bewegungen für wirklich, andere für scheinbar zu halten, dies soll hier noch nicht endgültig entschieden werden, da noch die ganze Zeit der Nachfolger Newtons vor uns liegt. Jedenfalls bleibt es dabei, dass Newtons eigene Begründungsversuche für jene Einheit des Bezugssystems als eine objectiv nothwendige, nicht bloß conventionelle, nicht Stich halten. Den transcendenten absoluten Raum und die transcendente absolute Zeit haben wir auf Grund der Newton'schen Erörterungen nicht einmal als nothwendige Uebel schätzen gelernt. Beides sind überflüssige Producte des esprit métaphysique, was man bekanntlich nicht von allen metaphysischen Grundvoraussetzungen der Naturwissenschaft sagen darf. In dem (1713 verfassten) Schlussscholium der »Mathematischen Principien der Naturphilosophie« heißt es (pag. 484): »Hypothesen ersinne ich nicht. Denn Alles, was nicht aus den Erscheinungen geschlossen wird, ist als Hypothese zu bezeichnen; und Hypothesen, seien es nun metaphysische, physische, solche verborgener Qualitäten oder mechanische, sind in der Erfahrungswissenschaft (philosophia experimentalis) nicht am Orte. In dieser Wissenschaft werden die Lehrsätze aus Phänomenen abgeleitet und auf inductivem Wege verallgemeinert. So sind zu unserer Erkenntniss gelangt die Undurchdringlichkeit, Beweglichkeit, Beharrlichkeit der Körper und die Gesetze der Bewegungen, wie der Gravitation«. Ist aber Newtons Gesetz der Beharrung im absoluten Raume nach der absoluten Zeit ein Ergebniss der Induction? Ja und nein! Newton hat mit Galilei den Anstoß von der Erfahrung entnommen, um das Gesetz provisorisch aufzustellen; aber er hat bei der endgültigen Formulirung desselben die Erfahrung nicht mehr um Rath ge-

fragt. Unterstützt wurde er dabei von seiner großen religiösen Naturanschauung, und dies war eine Sache des Gefühls. Aber dem Verstande Newtons dürfte Nichts angemessener sein als die systematische Trennung von Glauben und Wissen. Formuliren wir also das Trägheitsgesetz unabhängig von dem Glauben an eine zweckthätige Natur oder einen zweckthätigen Gott! Dem Glauben des Einzelnen bleibt es dann unbenommen, seine Convention, seine subjective Teleologie als Ausfluss einer allgeistigen göttlichen Teleologie aufzufassen.

Wenn wir bedenken, dass unsere modernen Begriffe der Kraft und der Masse ganz ähnliche, nur noch etwas complicirtere Gedankenbildungen sind, wie die Begriffe des Inertialsystemes und des Inertialzeitmaßes,[1] so muss es uns schwer begreiflich erscheinen, wie Newton über die letzten beiden Begriffe ein so undurchdringliches Dunkel hat ausbreiten können, während er die ersten beiden als unmittelbar verständliche Dinge angesehen wissen wollte.[2] Aber wir müssen, wenn wir ihn würdigen wollen, mit seinen eigenen Grundanschauungen rechnen. »Inertialsystem« und »Inertialzeitmaß« als reale Dinge anzusehen, ist ein immerhin naheliegender Act der Projection innerer Gedankenbilder nach außen. Von »Kräften« und »Massen« (Trägheitswiderständen) tragen wir zwar ganz ähnliche Gedankenbilder in uns, nur spielen dieselben eine verhältnissmäßig minder wichtige Rolle und fordern darum nicht ganz so dringend unser Projectionsvermögen heraus; das Verfahren wäre sonst hier und dort genau dasselbe. Dazu kommt aber bei Newton noch eins. Raum und Zeit als Gedankenbilder oder, mit einem anderen Worte, als Schöpfungen des Ewigen und Allgegenwärtigen anzusehen, entspringt einer religiösen Auffassung der Natur aufs unmittelbarste, und mit dieser Conception hat man für die Fixirung im äußeren transcendenten Raume und in der äußeren transcendenten Zeit wenigstens einen gewissen idealen Anhalt gewonnen. Bei der Kraft liegt ein ähnliches Verfahren minder

---

1) Vgl. hierzu meine Parallele, Philosophische Studien Bd. II. S. 276f.

2) Dass freilich auch hierin Newton selber noch nicht das erreichbare Maß von Klarheit erreicht hat, ist seit langem anerkannt. Ich bin überzeugt, dass sich hier unter Anwendung des Principes der »particularen Determination« mancher dunkle Punkt aufklären lässt. Zur Kritik des Newton'schen Massenbegriffes vgl. E. Mach, Die Mechanik S. 202f. Vgl. auch Philos. Studien Bd. II. S. 277.

nahe; bei der Masse wäre es absurd, da doch die Welt das Bewegte ist. So wenig auch diese Betrachtungen unmittelbar mit meinem Thema zu thun haben, so dürften sie doch zu einem conformen pietätvollen Verständnisse der Newton'schen Aufstellungen immerhin Einiges beitragen. Dass aber Newtons Grundlegung der Dynamik den Anforderungen der neueren Wissenschaft nicht in allen Punkten genügt, dies ist schon von Lagrange hervorgehoben worden und wird gegenwärtig immer allgemeinere Ueberzeugung.[1]) Ich habe versucht, in diesem, wie in den citirten früheren Aufsätzen, zu einer zeitgemäßen Neuerung das Meinige beizutragen. Im Folgenden werden wir sehen, dass bereits bedeutende Zeitgenossen Newtons berechtigte Einwände gegen seine Lehre erhoben haben.

§ 6. Newtons Gegner bei seinen Lebzeiten: Leibniz, Huygens, Berkeley.

Unter den Gegnern Newtons steht allen Anderen voran Leibniz. Von früher Jugend an bis in sein letztes Lebensjahr hat er sich mit dem Bewegungsbegriffe und der Frage nach seiner widerspruchsfreien Definition eingehend beschäftigt. Seine beiden Schriften »Theoria motus concreti« und »Theoria motus abstracti«[2]) kommen freilich hier wenig in Betracht, sie beweisen nur, dass Leibniz seine anderwärts geäußerten Ansichten über den Unterschied zwischen wahrer und scheinbarer Bewegung erst nach 1671 gewonnen haben kann.[3]) Wahrscheinlich ist er zu weitergehenden Betrachtungen hierüber erst durch seinen Pariser Verkehr, besonders mit Huygens (1672—1676), angeregt worden.

Huygens, der in seinem gerade erschienenen »Horologium oscillatorium« (1673) die Gesetze der Centrifugalkraft zuerst systematisch ent-

1) Man vgl. die ausführliche Kritik von E. Mach, Die Mechanik S. 202 bis 228 (welche auch mit dem Vorigen viele Berührungspunkte bietet), und W. Wundt, Logik Bd. II. S. 252—255.

2) Opera omnia coll. Dutens (Genev. 1768) Tomus II. Pars II. pag. 4—48.

3) Unter »motus abstractus« versteht Leibniz die Bewegung als rein geometrisches Gedankending betrachtet, unter »motus concretus« die Bewegung in der wirklichen Erscheinungswelt. Mit unserer Eintheilung der Bewegungslehre in Phoronomie und Dynamik fällt also jene Unterscheidung nicht ganz zusammen.

wickelt hatte, mag die Tragweite seiner Untersuchungen anfänglich überschätzt haben. Er fasste ganz die gleiche Meinung wie Newton, dass sich aus den Centrifugalkräften der Körper ihre wirklichen und absoluten Bewegungen erkennen ließen, und theilte dies eines Tages Leibniz mit, welcher, wie es scheint, zunächst davon überzeugt wurde. Dass hier ein Einfluss Newtons vorliegt, ist nicht wahrscheinlich. Die Idee, welche hier in Frage steht, liegt so nahe, dass sie sehr leicht in mehreren Köpfen unabhängig entstehen kann.[1]) Um so bemerkenswerther ist es nun, dass Leibniz und Huygens späterhin ganz unabhängig von einander das Bedenkliche der Newton'schen Lehre erkannt und dieselbe verlassen haben. Vollkommen einig sind sie dann freilich nicht geworden. Huygens ist, soweit sich aus seinen Briefen mit Leibniz entnehmen lässt, wenige Jahre vor seinem Tode zu der Ansicht gelangt, dass die Bewegung durchaus ihrem innersten Wesen nach etwas Reciprokes sei, wobei er aber von der Cartesianischen Forderung der Contiguität absieht. Leibniz hingegen neigt sich überhaupt keiner Ansicht mit absoluter Consequenz zu. Die geometrische Richtigkeit des Reciprocitätsaxiomes erkennt er vollkommen an. Aber außer dem rein Geometrischen will er ein höheres Princip beachtet wissen, die Kraft; und ihretwegen sei man unter Umständen doch gezwungen, dem einen von zwei in Distanzänderung begriffenen Körpern die Bewegung zuzuschreiben und nicht dem anderen, wenn gleich geometrisch beide Annahmen auf eins hinausliefen. Leibniz wird hier, wie man sieht, durch seine Grundansichten über die principielle Bedeutung der Kraft geleitet.

---

1) Irrthümlich ist die hier und da anzutreffende Angabe, wonach Newton und Leibniz in Paris zusammengetroffen sein sollen. Vgl. »Correspondence of Sir Isaac Newton«, by J. Edleston, London 1850, wo in dem vorangestellten chronologischen Ueberblick über Newtons Leben von einem Aufenthalte Newtons in Paris zwischen 1672 und 1676 nicht die Rede ist. Leibniz hat auch bei seiner sehr kurzen Anwesenheit in London (Frühjahr 1673 und Herbst 1676) mit Newton gar nicht persönlich, sondern nur durch Briefe verkehrt, in denen Nichts enthalten ist, was hier irgend in Betracht käme. Vgl. Überweg-Heinze, Grundriss der Geschichte der Philosophie III^6 S. 137. Es ist übrigens an sich recht wahrscheinlich, dass Newton selbst seine Ansichten über Raum, Zeit und Bewegung noch nicht bei der ersten flüchtigen Conception seiner Gravitationstheorie 1666, sondern erst bei der systematischen Wiederaufnahme seiner Untersuchungen 1678 gebildet hat.

Ein ander Mal entscheidet er die Frage von dem Standpunkte des unverfälschten metaphysisch-teleologischen Simplicitätsprincipes aus. Ein drittes Mal scheint er nur das rein methodologische Princip heranzuziehen und sich dann darauf zu berufen, dass es Convention sei, eine möglichst einfache und bequeme Hypothese »wahr« zu nennen. Sofern man hier das Wort »Hypothese« streng fasst, scheint Leibniz die Bewegung immerhin für etwas Transcendentes zu halten; und dies selbst da, wo er sich am meisten der Huygens'schen Ansicht nähert, wonach nicht von hypothetisch zu erschließenden transcendenten, sondern von unmittelbar gegebenen phänomenalen Bewegungen zu reden wäre. Auf Leibnizens Stellung zur Teleologie dürfte aus den anzuführenden Stellen des Briefwechsels neues Licht fallen.[1]) Das Bestreben, sich Huygens anzupassen, führt ihn zu einer immer fortschreitenden Subjectivirung des specifisch Teleologischen, ohne dass freilich die Entwickelung zu dem (gegenwärtig) erreichbaren Ziele führte. Auch ist späterhin eine deutliche Entwickelung in der umgekehrten Richtung wahrzunehmen, und bei seinem Tode steht Leibniz wieder genau auf demselben Standpunkte wie vor seinem Briefwechsel mit Huygens.

Dass Leibniz bis zuletzt von einer Bezugnahme auf den absoluten Raum Nichts wissen will, erscheint ganz consequent, wenn man bedenkt, dass er seine ursprüngliche Ansicht von der Substantialität des Raumes ziemlich früh verlassen und es vorgezogen hatte, den Raum wie die Zeit als eine Form der Beziehung, der Ordnung anzusehen.[2]) Dementsprechend spielen denn auch die Begriffe des Raumes und der Zeit verglichen mit dem Kraftbegriffe in Leibnizens definitiven Ansichten so gut wie gar keine Rolle: die Kraft nimmt in seiner dynamischen Teleologie genau dieselbe Stelle ein, wie Raum und Zeit in der Newton'schen.

Dies Alles wird am besten aus den sogleich zu citirenden Stellen

---

1) Vgl. W. Wundt, Logik Bd. I. S. 574 ff. Zu dem vorhergehenden Satze ist zu bemerken, dass Huygens in seinen Briefen das von Leibniz gebrauchte Wort »Hypothese« ganz vermeidet.

2) Vgl. J. J. Baumann, Die Lehren von Raum, Zeit und Mathematik etc. Bd. II. S. 1 f. 150 f. u. a. Stellen. Unter den von Baumann angeführten Stellen finden sich überhaupt manche, welche mit dem Obigen verglichen werden können, aber nicht viel Neues bieten.

des Leibniz-Huygens'schen Briefwechsels klar werden, denen ich zur Ergänzung noch einige Citate aus Leibnizens sonstigen Schriften beifügen werde.

Huygens schreibt an Leibniz aus dem Haag am 29. Mai 1694 u. a.: [1])

»Ich will Ihnen nur mittheilen, dass mir in Ihren Bemerkungen über Descartes aufgefallen ist, dass Sie meinen, es sei eine widersinnige Annahme, als gebe es keine wirkliche, sondern nur relative Bewegung. Ich halte dies doch für ganz gewiss, ohne mich bei den Erwägungen und Experimenten des Herrn Newton in seinen »Principien der Philosophie« aufhalten zu wollen. Ich sehe, dass er im Irrthume ist, und bin neugierig, ob er nicht seine Ansicht zurückziehen wird in der neuen Ausgabe dieses Buches, welche David Gregorius besorgen soll. [2]) Descartes hat von dieser Sache nicht genug verstanden.«

Die Antwort Leibnizens, Hannover 12./22. Juni 1694, enthält nun die folgende Erörterung:

»Was den Unterschied zwischen absoluter und relativer Bewegung anlangt, so glaube ich, dass, wenn die Bewegung oder vielmehr die bewegende Kraft der Körper etwas Reelles ist, wie man doch wohl annehmen muss, es dann auch nöthig ist, dass jene ein »»Subject«« hat. Denn wenn a und b gegen einander anlaufen, so gestehe ich, dass alle Phänomene ganz auf dieselbe Weise zu Stande kommen, welcher Körper auch derjenige sein mag, worein man die Bewegung oder die Ruhe verlegen wird; und wenn es 1000 Körper wären, so gebe ich immer noch zu, dass uns (und nicht minder den Engeln) die Phänomene keinen untrüglichen Grund geben würden, um den Gegenstand der Bewegung oder eines bestimmten Theiles (degré) derselben festzustellen, und dass ein jeder für sich als ruhig angesehen werden könnte; und dies ist auch, so viel ich glaube, Alles was Sie verlangen. Aber ich denke, Sie werden nicht leugnen, dass in Wahrheit ein jeder einen bestimmten Grad der Bewegung oder, wenn Sie wollen, der Kraft hat, ungeachtet der Aequivalenz der Hypothesen. Es ist wahr, ich ziehe

---

1) Leibnizens mathematische Schriften hrsg. v. Gerhardt.

2) In Wirklichkeit wurde die zweite Auflage von Roger Cotes 1713/14 besorgt. Eine Aenderung ist nicht erfolgt.

daraus diesen Schluss, dass es in der Natur noch ein anderes Ding gibt, als was die Geometrie darin bestimmen könnte. Und unter mehreren Gründen, deren ich mich bediene, um zu beweisen, dass man außer der Ausdehnung und ihren Variationen, was rein geometrische Dinge sind, ein höheres Princip, nämlich die Kraft, anerkennen muss: ist dieser nicht der schwächsten einer. Herr Newton erkennt die Aequivalenz der Hypothesen im Falle der geradlinigen Bewegungen an:[1] aber in Hinsicht auf die Kreisbewegungen glaubt er, dass der Trieb der umkreisenden Körper, sich vom Centrum oder von der Achse der Kreisbewegung zu entfernen, ihre absolute Bewegung erkennen lasse. Aber ich habe Gründe, welche mich glauben lassen, dass Nichts das allgemeine Gesetz der Aequivalenz durchbricht. — Indessen ist mir so, als ob Sie selbst, mein Herr, ehemals in Betreff der Kreisbewegung der Meinung des Herrn Newton gewesen wären«.

Was Leibniz hier anführt, um die Annahme einer nicht bloß relativen, sondern realen Bewegung zu erhärten, stimmt, abgesehen von dem fehlenden Hintergrunde des »absoluten Raumes«, einigermaßen mit Newtons Auseinandersetzung über die Ursachen der wirklichen Bewegung (s. oben S. 399 f.) überein. Es wird von genau denselben Einwänden getroffen: die Kräfte sind uns nicht unmittelbar gegeben, sie werden vielmehr erst aus den gegebenen relativen Bewegungen erschlossen, und es ist folglich ein Cirkel, aus den Kräften nun umgekehrt Anhalt gewinnen zu wollen, um die Bewegungen in ihrer von der äußeren Relativität unabhängigen inneren Wirklichkeit zu erkennen. Wenn man zwischen der hier von Leibniz geäußerten und der Newton'schen Ansicht wählen sollte, würde man sich wohl unbedenklich für die letztere entscheiden. Da Leibniz den absoluten Raum nicht gelten lässt, so sieht er sich zu einer höchst bedenklichen Verschmelzung zweier an sich doch heterogener Begriffe veranlasst, nämlich der Begriffe der Bewegung und der bewegenden Kraft.

Huygens bleibt in seiner Antwort vom 24. August 1694 dem Reciprocitätsaxiom völlig treu:

---

1 Hier ist L. im Irrthume. Nicht einmal die geradlinige gleichförmige Bewegung ist nach Newtons strenger Lehre reciprok, wiewohl er diese Ansicht nicht durch dynamische Gründe annehmbar zu machen im Stande war.

»In Betreff der absoluten und relativen Bewegung habe ich Ihr Gedächtniss bewundert, wie Sie sich haben erinnern können, dass ich in Bezug auf die Kreisbewegung seiner Zeit der Meinung des Herrn Newton war. Dies ist richtig, und erst vor zwei bis drei Jahren habe ich das gefunden, was der Wahrheit mehr entspricht, und wovon Sie, wie mich dünkt, gegenwärtig nicht mehr weit entfernt sind; abgesehen davon, dass Sie wollen, dass von mehreren relativ zu einander bewegten Körpern ein jeder einen bestimmten Grad der Bewegung oder der wirklichen Kraft besitze, worin ich durchaus nicht Ihrer Meinung bin«.

Klingt es nicht fast, als habe Huygens noch einen Gedanken im Hintertreffen?

Leibniz erwidert hierauf am 4./14. September 1694:

»Als ich Ihnen eines Tages zu Paris sagte, dass man Mühe hätte, den wirklichen Gegenstand der Bewegung zu erkennen, da antworteten Sie mir, dies sei möglich vermittelst der Kreisbewegung; das machte mich stutzig und ich erinnerte mich daran, als ich beinahe dieselbe Sache in dem Buche des Herrn Newton las. Damals aber glaubte ich bereits zu sehen, dass die Kreisbewegung hierin gar kein Vorrecht hat. Und ich sehe, Sie sind derselben Meinung.[1]) Ich halte also dafür, dass alle Hypothesen äquivalent sind, und wenn ich bestimmten Körpern gleichwohl bestimmte Bewegungen zuschreibe, so habe ich dafür keinen anderen Grund, und kann auch keinen haben, als die Einfachheit der Hypothese, indem ich glaube, dass man (Alles erwogen) die einfachste für die wahre halten kann. Dem entsprechend glaube ich, da ich dafür durchaus kein weiteres Kennzeichen habe; der Unterschied zwischen uns liegt nur in der Redeweise, welche ich bestrebt bin, ohne Verletzung der Wahrheit so viel als möglich dem gemeinen Sprachgebrauche anzupassen. Ich bin selbst nicht sehr weit entfernt von der Ihrigen, und in einem kleinen Briefe, welchen ich Herrn Viviani

---

1) Vgl. Sixième lettre à M. Thomas Burnet (Opera omnia, Genev. 1768. Tom VI. p. 253). »Er (Huygens) und ich, wir waren genau der Meinung des Herrn Newton über die absolute Bewegung gewesen, und zwar aus demselben Grunde der Centrifugalkraft, welchen Herr Newton vorbringt; als aber das Buch des Herrn Newton erschien, hatten wir bereits alle Beide in derselben Weise unsere Ansicht geändert, ohne dass der Eine dem Anderen Mittheilung davon gemacht hätte. Wir erkannten es erst späterhin aus unseren Briefen« (8./18. Mai 1697).

mittheilte, und der mir geeignet schien, Frau Roma zur Erlaubniss der Meinung des Copernicus zu überreden, habe ich mich daran anbequemt. Indessen, wenn Sie diese Meinungen über die Wirklichkeit der Bewegung hegen, so denke ich mir, müssen Sie wohl über die Natur des Körpers Ansichten haben, welche von den gewöhnlichen verschieden sind. Ich habe solche von recht eigenthümlicher Art, die mir aber bewiesen scheinen«.

Mit diesem Briefe bricht die merkwürdige Correspondenz über den Gegenstand ab. Huygens starb bereits am 8. Juli 1695; vielleicht trug er sich mit der Absicht, über den Unterschied zwischen wahrer und scheinbarer Bewegung und über seine Berechtigung Etwas zu veröffentlichen, und wurde nur durch den Tod daran gehindert.[1] In seiner Schrift »De motu corporum ex percussione« macht er von der Relativität der geradlinigen Bewegung Gebrauch zur Ableitung der Stoßgesetze, ohne jedoch auf die krummlinige Bewegung dabei einzugehen. In dem posthumen »Cosmotheoros« beruft er sich zur Bekräftigung der Copernicanischen Ansicht auf das Simplicitätsprincip, wobei er zwar die conventionelle Seite desselben bevorzugt, aber durchaus nicht auf die »simplicitas naturae« Verzicht leistet.[2]

Wenn sich Leibniz in seinen Briefen mit einer gewissen Nachgiebigkeit dem Huygens'schen Standpunkte genähert hat, so ist er darin fast noch weiter gegangen in einer späteren dynamischen Abhandlung, dem zweiten Theile des »Specimen dynamicum«, dessen erster Theil 1695 in den »Actis eruditorum« erschien. Hier heißt es, nach einer ausführlichen Betrachtung über die phänomenale Aequivalenz der verschiedenen Hypothesen, welche jedesmal in Frage kommen: »Indessen drücken wir uns, je nach Erforderniss des einzelnen Falles, im Sinne einer passenderen und einfacheren Erklärung der Phänomene aus, ganz so, wie wenn wir in der sphärischen Astronomie die Bewegung des »primum mobile« anwenden und in der Planetentheorie von der Copernicanischen Hypothese Gebrauch machen müssen: so dass doch nachgerade jene mit so viel Eifer ge-

1) Es wäre wohl der Mühe werth, in den zu Leyden sorgfältig aufbewahrten noch ungedruckten Manuscripten Huygens' nachzusuchen, ob sich nicht Bemerkungen über diese Angelegenheiten darin finden. Vgl. Mädler, Geschichte der Himmelskunde, Bd. I. S. 314.

2) Opera varia, Lugd. Batav. 1724. p. 650 f.

führten Streitereien (worein sogar Theologen verwickelt gewesen sind) ein Ende nehmen könnten. Denn wiewohl die Kraft etwas Reales und Absolutes ist, so gehört doch die Bewegung in die Classe der respectiven Phänomene, und die Wahrheit liegt nicht sowohl auf Seiten der Phänomene, als auf Seiten der Ursachen«. [1])

Hier hat also Leibniz die Sonderung der vorher unpassender Weise verschmolzenen Elemente selber vorgenommen. Auf eine Entscheidung über die Realität der Bewegung verzichtet er ganz, und hält nur die Realität der Kraft aufrecht. [2]) Anderwärts heißt es: [3])

»Deshalb ist die Bewegung ihrer eigenen Natur nach respectiv. Dies gilt aber nur in mathematischer Strenge. Indessen schreiben wir den Körpern die Bewegung in Gemäßheit derjenigen Hypothesen zu, wodurch die Erscheinungen am angemessensten erklärt werden, und es ist gar kein Unterschied zwischen einer wahren und einer passenden Hypothese. Wenn also ein Schiff mit vollen Segeln auf dem Meere dahinfährt, ist es möglich, alle Phänomene genau zu erklären, dadurch dass man das Schiff als ruhend voraussetzt und allen Weltkörpern in Gedanken Bewegungen beilegt, welche dieser Hypothese entsprechen. Aber so wenig dies auch durch irgend einen mathematischen Beweis widerlegt werden kann, so wäre es doch unpassend«.

Hier kann man an dem Ausdrucke »Hypothese« mit Recht Anstoß nehmen. Da es außer dem Schiffe und dem übrigen Weltall nichts Materielles gibt und Leibniz einen »absoluten Raum« nicht annimmt, so bleibt ihm nur ein subjectiver Raum zur Bezugnahme übrig; wenn er anders, wie hier sicher feststeht, unter Bewegung eine Ortsveränderung verstanden wissen will. Einen subjectiven Raum kann man aber eben so gut an das Schiff anheften, als an das Universum, und es handelt sich hier nicht um Hypothesen, sondern um Conventionen, die unter allen Umständen richtig sind, wofern sie nicht anderen bereits anerkannten zuwiderlaufen. Wenn von zwei möglichen Conventionen die eine minder praktisch ist, als die andere, so liegt hierin noch kein Grund, sie für minder richtig zu halten. Man wird sich bei

---

1) Leibnizens mathem. Schriften hrsg. v. Gerhardt. Bd. VI. p. 247 sqq.

2) Vgl. Chr. Wolff, Cosmologia generalis, § 173.

3) Dynamica de Potentia et Legibus Naturae corporeae. Math. Schriften, Bd. VI. p. 507.

dem Ausdrucke eines Sachverhaltes gewiss stets der denkbar zweckmäßigsten Conventionen bedienen, ohne aber darum die anderen möglichen Conventionen für unrichtig zu halten. Wesentlich anders steht die Sache bei wirklichen Hypothesen. Huygens scheint das Conventionelle der Bezugnahme viel klarer erkannt zu haben.

Aus der Fortsetzung der soeben angeführten Stelle erfahren wir nun auch, warum Leibniz von Newtons Ansicht über die Kreisbewegung Nichts wissen will. Er meint, die Kreisbewegung könne als Zusammensetzung geradliniger Bewegungen sich nicht anders verhalten als die geradlinige Bewegung, deren Reciprocität Newton zugestehe. Er missversteht seinen Gegner hier. Newton gesteht keineswegs die Reciprocität der geradlinigen Bewegung zu, und insbesondere hätte er nur nöthig gehabt auseinander zu setzen und experimentell zu erläutern, wie es mit der ungleichförmig-geradlinigen Bewegung nicht anders als mit der krummlinigen steht; dann wäre jener Einwurf ganz hinfällig geworden.

Sehr merkwürdig ist es zu sehen, dass Leibniz in seinem Briefwechsel mit Clarke (1716) wieder vollständig zu dem Standpunkte zurückkehrt, von welchem er seiner Zeit ausgegangen und zu Gunsten von Huygens ziemlich beträchtlich abgewichen war. Er macht dem Vertreter Newtons die Concession:[1] »Ich gebe zu, dass zwischen einer absoluten wirklichen Bewegung eines Körpers und einer einfachen relativen Veränderung seiner Lage in Bezug auf einen anderen Körper ein Unterschied besteht. Denn wenn die unmittelbare Veränderungsursache in dem Körper liegt, ist er wirklich in Bewegung; und alsdann wird sich die Lage der anderen in Bezug auf ihn infolge dessen ändern, wiewohl die Ursache dieser Veränderung gar nicht in ihnen liegt«. Wenn Clarke nun dem Gegner Newtons den Vorwurf der Inconsequenz macht, weil er die Bewegung für etwas wesentlich Absolutes halte und den Raum nicht, so geht er entschieden zu weit. Es liegt hier bei Leibniz wieder nur die gekünstelte Verschmelzung des Bewegungsbegriffes mit dem Kraftbegriffe vor, und so bedenklich dieselbe auch ist, so setzt sie doch keineswegs die Annahme eines absoluten Raumes voraus.

Leibniz und Huygens sind keineswegs die einzigen bedeuten-

1) Opera philosophica ed. Erdmann, p. 770. 782.

den Zeitgenossen Newtons gewesen, welche sich gegen seine Lehren von Raum, Zeit und Bewegung abweisend verhielten. Pierre Bayle macht sich lustig über die Leichtgläubigkeit der Newtonianer, welche die Existenz eines absoluten Raumes durch ihren Meister bewiesen wähnen. »Wühlen wir, so viel es uns beliebt, in allen Schlupfwinkeln unseres Geistes herum, wir finden daselbst auch keine Idee von einer unbeweglichen, untheilbaren und durchdringlichen Ausdehnung«.[1] Bedenkt man, wie eng die Newton'sche Neuerung mit der Gravitationstheorie verbunden war, so wird man es für recht wahrscheinlich halten, dass bei seinem Tode Newton im Auslande auch für seine Lehren von Raum, Zeit und Bewegung, wie für seine Gravitationstheorie, kaum zwanzig Anhänger hatte.[2] Ich sehe hierbei ab von solchen, welche das Wort »absoluter Raum« gedankenlos übernahmen, ohne darunter etwas Anderes als das mit dem Firmament verbunden gedachte heliocentrische Coordinatensystem des Copernicus zu verstehen. Aber auch in England fehlte es keineswegs an Gegnern. So ist der Annahme eines absoluten Raumes mit größter Entschiedenheit G. Berkeley entgegengetreten, und zwar sowohl in seinen 1710 erschienenen »Principles of human knowledge« als auch in einer besonderen 1721 gedruckten Abhandlung »De motu«. Nach der negativen Seite hin ist er meistentheils im Rechte. Der Begriff der Bewegung sei an sich leicht verständlich und erst durch die gelehrten Deutungen der Philosophen unklar gemacht worden. »Nehmen wir einmal vom absoluten Raume die bloße Benennung hinweg, und Nichts wird in der Wahrnehmung, Einbildung oder dem Verstande zurückbleiben: mit jener Benennung wird folglich nichts Anderes bezeichnet, als eine bloße Wegnahme oder Negation, d. h. ein reines Nichts«.[3] Die ideale Convention des Inertialsystemes wird von diesem Vorwurfe nicht getroffen. Berkeley geht auch entschieden zu weit, wenn er meint, die Kreisbewegung der beiden verbundenen

1) Dictionnaire histor. et critique, IIième édition. Tome III. p. 3065. (Article Zenon d'Elée.) Bayle verhält sich übrigens allen bis dahin (1702) gegebenen Bewegungsdefinitionen gegenüber sehr skeptisch. »Diejenige des Aristoteles ist widersinnig, diejenige des Herrn Descartes ist jämmerlich« (ibid. p. 3052). In positiver Richtung hat er die Frage nicht gefördert.

2) Newtons Leben, von Brewster, übers. v. Goldberg, Leipzig 1833, S. 139.

3) »De motu«, § 53. Works, Vol. III. Oxford 1871.

und isolirten Kugeln Newtons sei unvorstellbar.[1]) Wir können den objectiven absoluten Raum leugnen, ohne unsere subjective Raumanschauung zu verleugnen. Wenn wir uns mit ihrer Hülfe ein Inertialsystem vorstellen und die Spannung des Fadens beachten, so werden wir mit Bestimmtheit eine Kreisbewegung des Kugelpaares zu diesem gedachten Inertialsysteme constatiren. Dies setzt aber freilich eine Kenntniss des Trägheitsgesetzes voraus. Angenommen, wir wären Bewohner einer jener beiden isolirten Kugeln Newtons, und nicht unserer Erde, und wir hätten uns auch bereits selbständig eine Art von Dynamik und insbesondere einen Satz über die Bewegungen sich selbst überlassener materieller Punkte gebildet. Dieser Satz würde sich dann zunächst naturgemäß auf das mit der bewohnten Kugel fest verbundene Coordinatensystem beziehen, und vorausgesetzt nun, dass die Drehung der Kugeln eine recht schnelle ist, so würden wir eine beträchtliche Abweichung jener Bewegungen von der geraden Linie festgestellt haben. Es wäre nun nicht ausgeschlossen, dass ein Galilei mit der Behauptung aufträte: Wir können unseren Satz sehr vereinfachen, sofern wir nicht auf unser bisheriges Bezugssystem, sondern auf ein anderes Coordinatensystem uns beziehen, welches zwar materiell nicht so einfach fundirt, aber doch relativ zu jenem materiell fundirten in angebbarer Weise gedreht ist; darin sind nämlich die Bahnen sich selbst überlassener Körper geradlinig. Es wäre Sache eines genialen geometrischen Blickes, diese Vereinfachung zuerst zu erkennen; um aber künftighin in dynamischen Problemen sämmtliche Bewegungen auf jenes neue (»inertielle«) System zu beziehen, und um insbesondere die Spannung des verbindenden Fadens aus einer Inertialdrehung des Kugelpaares abzuleiten, bedürfte es lediglich einer guten geometrischen Constructionsgabe. Und wenn es uns auch psychologisch noch so schwer würde, den Ort der bewohnten Kugel angesichts derselben auf ein bloß gedachtes Coordinatensystem zu beziehen, so wird uns bei Behandlung irgend eines Problemes diese geometrische Abstraction ganz leicht sein.

Berkeleys Kritik des Newton'schen Eimerversuches trifft nicht den Kern der Sache.[2]) Dagegen ist ganz berechtigt sein Vor-

1) Ibidem § 59.
2) Principles, sect. CXIV.

wurf, die Newtonianer seien außer Stande selbst nach ihren Principien zu entscheiden, ob das All der Dinge absolut ruhe oder geradlinig und gleichförmig bewegt sei.[1]) Auf die Hypothese von der Ruhe des Weltcentrums nimmt er hier mit Recht keine Rücksicht.

Was die Frage nach der Reciprocität der Bewegung anlangt, so glaubt er in den »Principles« dem gemeinen Sprachgebrauche doch so weit Rechnung tragen zu müssen, dass er die Bewegung der Erde zu den Füßen des Gehenden leugnet: denn die Thätigkeit sei nicht »darauf gerichtet«, die Erde wegzutreten.[2]) Dass diese Festsetzung in der Dynamik Nichts taugt, brauche ich nicht nochmals zu beweisen. In der Abhandlung »De motu« findet sich denn auch keine Erörterung ähnlicher Art. Berkeley will es hier als wissenschaftliche Convention betrachtet wissen, dass man sich auf das heliocentrische System des Copernicus bezieht, und er meint mit dem Firmamente den nichtssagenden absoluten Raum zu ersetzen.[3]) Die Entdeckung der Fixsterneigenbewegungen (1718) dürfte ihm unbekannt gewesen sein. Positive Besserungen hat er, wie man sieht, nicht vorgeschlagen.

Hiermit sind wir am Ende der Entwickelungsperiode des Bewegungsbegriffes angelangt, welche bei Copernicus anhebt und mit Newton schließt. Ein kurzer Rückblick lehrt uns, dass im großen und ganzen das Ergebniss dieser Entwickelung darin besteht, dass die Bewegungsrelation von gegebener Materie in der Theorie losgelöst ist. Unstreitig ist dies gegen früher ein großer Fortschritt, insbesondere gegenüber dem materialistischen Aristotelisch-Cartesianischen Bewegungsbegriffe. Dagegen bieten die Positionen eines realen absoluten Raumes und einer realen absoluten Zeit lange nicht die erreichbare Aufklärung in dynamischen Problemen. Wir werden nun sehen, wie es dem entsprechend in der Folgezeit durchaus nicht an solchen Bestrebungen fehlt, welche auf eine Idealisirung jener Annahmen gerichtet sind.

---

1) De motu § 60 sqq. 65.
2) Principles, sect. CXIII.
3) De motu, § 64.

Vita.

Ich bin in Gießen am 21. Juni 1863 als Sohn des dortigen Professors der classischen Philologie Dr. Ludwig Lange geboren. Zwei Jahre nach Berufung meines Vaters an die Leipziger Universität, Ostern 1873, wurde ich in die Sexta des Leipziger Thomasgymnasiums aufgenommen. Ich verließ diese Anstalt Ostern 1882 mit dem Zeugniss der Reife versehen und in der Absicht, mich dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaft zuzuwenden. Nachdem ich das erste Studiensemester in Leipzig, die beiden folgenden aber an der Gießener Universität zugebracht hatte, kehrte ich im Herbst 1883 nach Leipzig zurück, um hier meine Studien fortzusetzen. Wenn ich schon von Anfang an den erkenntnisstheoretischen Grundfragen der mathematischen und naturwissenschaftlichen Disciplinen ganz besonderes Interesse zugewandt hatte, so reifte nur allmählich und verhältnissmäßig spät in mir der Entschluss, jene Grundfragen zu meiner ganz besonderen Aufgabe zu machen. In der Erkenntniss aber, dass ich als Mathematiker oder Physiker von Fach zur Verfolgung dieses Zieles nicht Zeit und Kräfte übrig haben würde, beschloss ich nun, das Studium der Philosophie zu meinem Fachstudium zu machen, ohne den früher bevorzugten Disciplinen untreu zu werden.

Vorlesungen habe ich an den beiden von mir besuchten Universitäten gehört bei den Herren Professoren: Wundt, R. Hirzel; Hankel, G. Wiedemann, E. Wiedemann, Röntgen; Neumann, Scheibner, Mayer, von der Mühll, Schur, Dyck, Baltzer und Pasch; Leuckart, Freiherr von Richthofen, Credner, Streng; Springer, Biedermann und Hildebrand. In Gießen habe ich außerdem das mathematische Seminar des Herrn Professor Baltzer und das mineralogische Practicum des Herrn Professor Streng besucht und in Leipzig habe ich in dem physikalischen Institute sowie in dem Seminar für experimentelle Psychologie praktisch gearbeitet. Allen meinen hochverehrten Lehrern, insbesondere aber den Herren Professor Wundt, Geheimrath Hankel und Geheimrath Wiedemann spreche ich für ihre Anregung und Förderung meinen herzlichsten Dank aus.

Die vorstehende Promotionsschrift bildet einen Abschnitt aus einer größeren Abhandlung über »Die geschichtliche Entwickelung des Bewegungsbegriffes und ihr voraussichtliches Endergebniss«, welche eine historisch-kritische Ausführung gewisser Gedanken bezweckt, denen ich bereits in einigen früherhin (in den »Philosophischen Studien«, herausg. von Wundt, und in den Sitzungsberichten der Kgl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften) veröffentlichten kleineren Arbeiten den Weg geebnet habe. Die genannte Abhandlung wird noch als Ganzes im Druck erscheinen.

Leipzig, im März 1886.

Ludwig Lange.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.